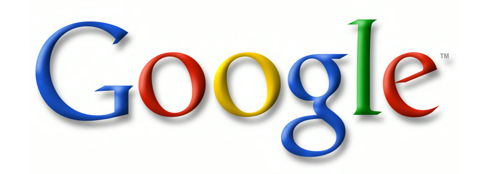


LUFTVERUNREINIGUNG

UND

VENTILATION.



Luftverunreinigung
und
Ventilation

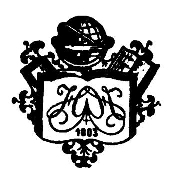
mit besonderer Rücksicht auf Industrie und Gewerbe.

Von

Dr. Josef Rambousek

k. k. Sanitäts-Konzipist der Landesregierung in Klagenfurt, emer. Assistent der Hygiene.

Mit 48 Abbildungen und einer Tafel.



Wien und Leipzig.
A. HARTLEBEN'S VERLAG.
1904.

K. u. k. Hofbuchdruckerei Carl Fromme in Wien.

Vorwort.

Weit entfernt davon, ein Lehrbuch über die vorliegenden Materialien zu schreiben, will ich bemüht sein, den Leser in die Fragen über Verunreinigung der Luft und den Luftbedarf, über die Deckung des Luftbedarfes und die Beseitigung der Luftverunreinigung einzuführen.

Ich schreibe nicht populär, sondern ich schreibe für den großen Kreis der fachlichen Interessenten, des fachlich gebildeten Publikums. Doch sind bei unseren Ausführungen keine Voraussetzungen gemacht; der logische Vorgang soll streng gewahrt bleiben.

Dem Leser werden zunächst die Grundthesen der Lüftungslehre vor Augen geführt, die Begriffe und Thesen dann zu Gedankenketten vereinigt und so der Weg betreten, welchen die großen Denker, die Pioniere unserer Wissenschaft vorangingen, die, wie Altmeister Pettenkofer, das Ziel im Auge, infolge des logischen Vorgehens, ohne Lücken, ohne Gedankensprünge unfehlbar ins Schwarze treffen mußten.

Indem ich diesem Gedankengange, der unserer Disziplin eben erst den Stempel der Wissenschaft aufdrückte, folge, hoffe ich, daß während unserer wissenschaftlichen Plauderei, die von allzu schwerfälliger Deduktion frei sein soll, sich dem Leser die Fragen selbst aufzwingen müssen, die ihrer Beantwortung harren.

Der erste Teil unserer Besprechungen ist der Luftverunreinigung und Lufterneuerung der Räume überhaupt gewidmet. Die hier aufgestellten Grundsätze und gesammelten Erfahrungen gelten in spezieller, durch die Einzelnverhältnisse meist nur wenig modifizierter Form für alle jene Lokalitäten, in welchen die Luftverunreinigung nur durch die Menschen-

ansammlung an sich, eventuell noch durch die unmittelbaren Funktionen des Haushaltes bedingt wird. Wir haben daher damit, ohne uns auf Details einzulassen, die Verhältnisse in Wohnungen, Schulen, Kirchen, Krankenhäusern, Theatern, Gasthäusern und anderen Versammlungslokalitäten soweit berührt, daß der Leser unter Berücksichtigung des speziellen Falles leicht realisieren kann. Bei der gleichförmigeren Art des Stoffes dieses Abschnittes läßt sich eben leichter verallgemeinern.

Ganz anders steht es mit der Besprechung der Luftverunreinigung in der Industrie. Wir wollen auch dieses Thema trotz der großen Mannigfaltigkeit in ein wissenschaftliches System bringen. Dies fällt schwer, da bei der außerordentlichen Vielfältigkeit der Luftverunreinigung sich auch die zur Verhütung der Schädigung zu treffenden Maßnahmen (Ventilationseinrichtungen etc.) sehr mannigfaltig gestalten. Ein halbwegs schablonenmäßiges Behandeln dieses Stoffes ist untunlich; die Bearbeitung ist an sich sehr schwierig, da das Studium auf diesem Gebiete ein umfassendes und detailliertes Wissen technischer (chemischer und technologischer), medizinischer (toxikologischer und physiologischer) und physikalisch-mathematischer Disziplinen unbedingt erfordert.

Indem ich mir der Schwierigkeit meiner Aufgabe vollkommen bewußt bin, bleibe ich für jeden Wink aus den Kreisen meiner Leser dankbar und werde mich bestreben, bei einer Neuauflage den Wünschen gerecht zu werden.

Ich hoffe durch meinen Beitrag die Interessen weiterer Kreise wachzurufen.

Ich schreibe für die interessierten Techniker und Ärzte, Sanitätsbeamte und Fachorgane der Staatsverwaltung, für die Branche der Gewerbeaufsichtsbeamten und vornehmlich aber auch für die Industriellen selbst, die Leiter der Betriebe; ich schreibe für die Allgemeinheit und rufe Alle zu gemeinsamer Arbeit, zu gemeinsamem Schaffen unter das Banner der Humanität!

An dieser Stelle sage ich auch allen jenen den wärmsten Dank, die mir bei der Verfassung meiner Arbeit, bei den Studien und Reisen, die ich hierzu unternahm, ihre helfende Hand boten. Vor allem gereicht es mir zur Ehre, hier Herrn Regierungsrat Dr. Leymann in Wiesbaden, Herrn Gewerberat

Simon in Düsseldorf, die Herren Gewerbeinspektoren Dr. Mansfeld, Dr. Schneider, Dr. Wauer, Dr. Westmayer und Dr. Pelgry der Regierungsbezirke Wiesbaden und Düsseldorf anzuführen. Besonderen Dank schulde ich ferner dem Herrn Generalsekretär der Industriellengesellschaft in Mülhausen, des weiteren dem Herrn Ingenieur Recknagel in München, Herrn Ingenieur Fiechter in Basel, ferner den Firmen Otto Popper, Neuwinger u. Komp., White-Child-Beney und Pick-Winterstein in Wien und ferner allen jenen Herren Industriellen und Direktoren, welche mir das Studium der einschlägigen Betriebe und Anlagen ermöglichten, wovon ich noch im speziellen zu erwähnen Gelegenheit haben werde.

Der Verfasser.

Inhaltsverzeichnis.

Figurenverzeichnis.

Erstes Hauptstück.

Über Luftverunreinigung und Ventilation im allgemeinen.

Einleitung. Einführung in die Theorie der Ventilation.

Die moderne wissenschaftliche Spekulation hat zur weitgehenden Spezialisierung der Disziplinen geführt; diese Erscheinung ist der natürliche Erfolg der gründlichen Arbeit, das Resultat der notwendig gewordenen Arbeitsteilung. Die Polyhistores sind mehr oder weniger ganz geschwunden; die von den Wissenschaften dargebotenen Massen bereits fertigen Materiales können von einem Gehirne nicht bewältigt, geschweige denn in einem Menschenleben verarbeitet und zum weiteren Aufbaue und weiterer Forschung genutzt werden.

Die Spezialisierung liegt — wie jede Arbeitsteilung auf gemeinsamer, gesunder Basis im Interesse des Gedeihens der Disziplin — doch hat ein gänzliches Sichverlieren des Forschers auf einsamem, ruhmvollem Pfade gar manchmal eine Einseitigkeit zur Folge, wenn der in seiner Direktive geradeaus Fortstrebende nicht auch manchmal einen Blick in seine Nachbarschaft wirft — wie oft könnte er da eine hilfreiche oder hilfesuchende Hand sich entgegengestreckt sehen — wie oft kann man in der Wissenschaft beobachten, wie zwei Forschungen auf getrenntem Wege gemeinsamen Zielen entgegenstreben und — aneinander vorüberlavieren, ohne sich zu stützen und zu helfen; warum? Ja, weil der eine Forscher sagen wir von Haus aus Medikus, der andere aber Techniker ist.

Es gibt Bindeglieder zwischen den einzelnen Disziplinen, Gebiete, die weder von dem einen noch von dem anderen Teile ganz annektiert werden können. Hier muß Kompromiß ge-

schlossen, Einvernehmen gepflogen werden, um das gesteckte Ziel erreichen zu können.

Wenn das Aufnehmen eines in der eigentlich streng wissenschaftlichen Forschung nicht gebräuchlichen Wortes erlaubt ist, möchte ich dieses Einvernehmen das „Moderne in der Wissenschaft" nennen; „modern" schon darum, weil die auf so weit breiterer Basis gegründete Forschung weit größere Kreise zieht, weit breitere Gesellschaftsschichten interessiert und nicht Eigentum eines Gelehrten oder weniger stiller Forscher bleibt. Die in der Gelehrtenstube geschmiedete These dringt in die Öffentlichkeit und oft praktisch verwertet in das weitere Publikum — sie wird Gemeingut, sie wird modern.

Eines solchen Kompromisses zwischen dem Gelehrten und dem Praktiker bedarf es in der Hygiene und insbesondere in der angewandten Hygiene, wie z. B. in der Gewerbehygiene. Der Gelehrte muß da damit rechnen, daß seine These praktisch verwertet werden soll — der Praktiker aber darf die theoretische Forschung nicht übergehen, er darf nicht in die Praxis umsetzen, was nicht theoretisch reif ist. Oft wird teures Lehrgeld in der Praxis gezahlt für Fehlgriffe und Fiaskos, die bei vorangegangener logischer Spekulation hätten vorausgesagt und gemieden werden können. Wolfhügel (1893) hebt die Notwendigkeit des Einklanges der Theorie und Praxis auf unserem Gebiete hervor. Die Probleme, vor welche uns das Studium der Luftverunreinigung, des Luftwechsels, der Lüftung und Luftbewegung — der Fragen, deren Gros wir unter dem Inbegriff „Ventilation" zusammenfassen — stellt, dürfen auf das Interesse weiter Kreise mit Recht Anspruch erheben.

Die hygienischen Ziele, welche hier verfolgt werden, sind von der Menschlichkeit, der Humanität gesteckt; die Probleme, welche hier gelöst werden sollen, werden im Dienste und Interesse des breiten Publikums, der Volksgesundheit gelöst — sie gestalten sich zu für die Gesellschaft wichtigen — im gewissen Sinne — sozialen Fragen; der Arzt ist der Berater, der Techniker ist es, der das Produkt der Spekulation verwirklicht. In diesem Sinne sei der großen Erfolge in der Lüftung der Versammlungsorte, der Theater, Säle, Schulen und ähnlichem gedacht. Ganz insbesondere wollen wir uns dann auf diesem Gebiete dem Arbeiterschutze zuwenden. Welch eine neue Kette der wichtigsten akut gewordenen Probleme, welche die gesamte Industrie tangieren, wird da aufgerollt!

Doch noch weiter. Die Ventilation, die Luftbewegung — im weiteren Sinne des Wortes — berührt auch rein technische Interessen. Die bewegte Luftsäule ist dem Ingenieur

eine Triebkraft; die Apparate, welche als Ventilationsapparate figurieren, sind es, die den Luftstrom erzeugen, seine Intensität regeln und der Technik botmäßig machen. Denken wir an die Leuchtgasfabrikation. Ein Ingenieur wies mir einmal auf die mächtige Exhaustorenstation einer solchen Fabrik mit den Worten hin „hier das Herz unsres Betriebes!"

Und trotzdem! Trotz alledem kostete es einen langen Kampf, der mit allen Waffen der Überzeugung großer Talente geführt wurde, ehe für diese so wichtigen Fragen der Boden einer selbständigen Wissenschaft errungen und dauernd behauptet werden konnte. Die Schwierigkeiten, welche sich da entgegenstellten, bestanden eben vornehmlich darin, eine Wissenschaft zwischen die Wissenschaften hineinzustellen.

Um diese Stellung behaupten zu können, um ihre Existenzberechtigung zu erweisen, müssen die Thesen und Postulate unserer Wissenschaft auf fester Basis gebaut sein. Die Thesen müssen auf streng logischer Deduktion basiert sein. Die Anforderungen sollen die streng wissenschaftliche Begründung ihrer Notwendigkeit erhalten.

Indem wir den Leser somit in ein Gebiet einführen, welches als Hygiene und Gewerbehygiene bekannt — wie wir gehört jedoch auch rein technisches Interesse hat, müssen wir doch gleichsam eine theoretische Apologie für den Bedarf einer solchen Wissenschaft vorangehen lassen.

Worauf sollen wir uns stützen?

Der Aufbau naturwissenschaftlicher, experimenteller Forschung auf ein trockenes theoretisches Gerüste ist uns nichts Fremdartiges. Wenn auch die Relation der hygienischen Forderungen zum mathematischen Kalkul keine so einfache ist, wie die Beziehung der induktiven naturwissenschaftlichen Physik zur rein deduktiven theoretischen Mathematik, so erübrigt auch in unserem Falle nichts anderes, als bei der Aufstellung und Behandlung der Grundprinzipien zur Mutter Mathematik unsere Zuflucht zu nehmen — wenn wir logisch und konsequent sein wollen; selbst dann, wenn — wie bei unseren Ausführungen — wir vornehmlich praktische Zwecke verfolgen. Die Mathematik ist die Mutter der logischen Deduktion in der Wissenschaft, denn die mathematische Theorie gibt das einzige feste Gerüste zum Aufbau einer wissenschaftlichen Spekulation. Wenn auch die historische Entwicklung der Wissenschaft, die wir vor uns haben, deren Bahnen wir betreten, ein rein induktive, empirische war, erhält sie erst durch die mathematische Begründung die Weihe — sie wird aus einer Sammlung von Erfahrungstatsachen zur Wissenschaft.

So geschah es denn auch allen Autoren, allen Pionieren der modernen Hygiene, daß sie alsbald auf das Gestade der Mathematik verschlagen wurden. Von Pettenkofer ab, den wir wohl mit Recht und Stolz den Gründer unserer Wissenschaft nennen können, sah sich die Forschung in der Hygiene und insbesondere die Erkundung des Gebietes der Luftverunreinigung und der Ventilation immer wieder auf dem Boden der Berechnung; Differenzen in der Beobachtung, in den Ansichten und Annahmen mußten auf dem Felde der Mathematik geschlichtet werden.

Einzelne Kenntnisse und Erfahrungen auf dem Gebiete der Luftverunreinigung und Ventilation, Anlagen zu Ventilationszwecken, wenn auch nur mehr minder primitive, stammen bereits aus Zeiten, in welchen wohl von einer „Hygiene" keine Rede war. Diese Anfänge, über welche man allerdings bis in die neueste Zeit nicht hinauskam, entstammen dem praktischen Bedürfnisse, welches sich herausgestellt hat. Der Mensch hat unter den Einflüssen der Luftverderbnis in geschlossenen Räumen gelitten und hat getrachtet, sich zu helfen. Der Mensch hat den Unterschied des Wohlbefindens in der freien Luft gegenüber der gesperrten und verderbten Atmosphäre frühzeitig herausgefunden; instinktiv wurde nach Lufterneuerung gestrebt und oft freilich in der unrationellsten Weise.

Versuche, die Fakta der Luftverunreinigung zu konstatieren und die Notwendigkeit der Ventilation auf Tatsachen zu gründen und auf Grund dieser Tatsachen weiter zu forschen, wurden von Pettenkofer eingeleitet.

Erst durch diese fundamentalen Forschungen konnte dem Rationalismus auf diesem Gebiete Bahn gebrochen werden. Die Theorie braucht ein wohlgeprüftes Materiale zum Fundament. Es müssen richtige Prämissen, richtige Faktoren da sein, auf Grund derer dann kalkuliert wird.

Diese Faktoren gibt uns das einwandsfreie Experiment, in unserem Falle das physiologische Experiment. Wie wir später genauer hören werden, war es eben Pettenkofer, welcher die naturwissenschaftlichen Tatsachen des Gaswechsels und der Luftverderbnis experimentell feststellte und darauf sein Kalkul basierte. Wie wir erwähnten, griff er zur mathematischen Deduktion. Er suchte nach einer Beziehung zwischen den Tatsachen und dem rechnerischen Ausdrucke. Er suchte nach Maß und Zahl.

Wir müssen die Erfahrungstatsache der Luftverderbnis in geschlossenen Räumen, auf welche sich die Notwendigkeit der Lüftung gründet, ziffernmäßig ausdrücken können. Wir müssen

nach etwas spekulieren, was diese rechnerische Behandlung zuläßt. Es kommt darauf an zu wissen, bei welchem Grade der Luftverunreinigung eingeschritten, id est ventiliert werden muß. Wir stehen vor der Aufgabe den Grad der Verunreinigung messen zu sollen, um dann zum Begriffe der Grenze und eines Grenzwertes mittels unseres Maßes zu gelangen, um ausdrücken zu können, welcher Grad der Verderbnis noch zulässig ist, welcher hingegen unzulässig ist und daher der Abhilfe bedarf.

Noch eine Frage ehe wir weiter gehen. Warum wurde denn die Ventilationsfrage früher so stiefmütterlich behandelt? Warum hat denn erst die neueste Zeit so auf einmal die schlimmen Seiten der Luftverderbnis vollends erkannt und diesem Feinde den Krieg erklärt? Warum haben sich nicht schon die längst versunkenen klassischen Kulturvölker — welche so manche auch jetzt noch bewunderte hygienische Anlage zustande brachten — in dieser Hinsicht weiter nachzudenken bewogen gefühlt? Warum sind die damaligen Denker, wie schon erwähnt, höchstens bis zu ganz primitiven Hilfsmitteln gelangt. Hier liegt die Antwort nahe. Es war das milde Klima Griechenlands und Italiens, Kleinasiens und Ägyptens, welches seinen früheren, so erfinderischen Bewohnern es ersparte, die Wohnungen und Versammlungsräume gegen die Außenluft abzuschließen, welches auch die Möglichkeit eines andauernden Aufenthaltes im Freien gewährte.

Daß dann ferner die mittelalterliche Zeit, in welcher die Kultur in Mittel- und Nordeuropa ihre Anfänge nahm und nur langsam, langsam in der Finsternis tappend Schritt für Schritt, gedrückt durch die Bürde unsäglicher Vorurteile vorwärts kam, daß in dieser Zeit auch die verheerenden Züge der Volkskrankheiten die Leute nicht denken machten, ist begreiflich.

Kam es doch lange, lange nicht dazu, daß der mittelalterlich denkende Mensch es für notwendig erachtete, den geschlossenen Städten eine Abfuhr des Unrates zu schaffen. Um soviel weniger dachte man an die Luft und deren Verderbnis.

Den Umschwung brachte das vergangene Jahrhundert welches durch seine immer länger werdenden Kriegspausen das Emporblühen des Wohlstandes in den Kulturstaaten ermöglichte. Die Luxusbauten mit ihren Riesensälen, welche viele tausende Menschen fassen, die Industrieanlagen stellten den Menschen überhaupt und den Industriellen insbesondere vor die Notwendigkeit der Luftverbesserung in den Räumen.

I. Theorie der Lüftung.

Von den Ursachen der Luftverderbnis.

Empirische Tatsache ist es, daß die Luft in geschlossenen Räumen schon durch den bloßen Aufenthalt von Menschen in denselben verdirbt; wir wissen ferner aus Erfahrung, daß die tägliche Beschäftigung des Menschen und seine Bedürfnisse nach Licht, Wärme etc. sagen wir der Haushalt des Menschen, zur Luftverunreinigung beiträgt; schließlich gibt es gewisse Beschäftigungsarten, welche zu einer außerordentlich hochgradigen Verderbnis der Atmosphäre führen — hier denken wir an die industrielle, gewerbsmäßige Beschäftigung.

Um unseren Ableitungen eine Theorie zu schaffen, von welcher wir den Leser zur Technik und Praxis in unserer Frage hinüberleiten, müssen wir das Wesen der Luftverunreinigung diskutieren, um nach jener Basis zu suchen, auf welcher wir den Grund zu einer gesunden Theorie legen.

Naturgemäß kommt zunächst das weitere Gebiet zur Abhandlung: die Verunreinigung der Luft durch den Menschen — respektive, wenn man an Experimente denkt und verallgemeinert — durch die animalische Existenz überhaupt; es folgt die praktische Nutzanwendung und weitere Ausgestaltung für den speziellen Fall der industriellen Beschäftigung.

Es ist zu erkunden, welche Stoffe es sind, die das Unbehagen in verderbter Atmosphäre bedingen — welche Stoffe die durch die Existenz und den Lebensprozeß von Menschen oder Tieren zur reinen „unverderbten" Außenatmosphäre hinzukommen oder welche der in der Atmosphäre enthaltenen Stoffe hierdurch qualitativ oder quantitativ verändert werden.

Eine Parallele zwischen normaler reiner Luft und gebrauchter Luft wird uns Aufschluß geben. Wir suchen nach dem Unterschied und nach einem Maß, das diese Differenz deutlich, einfach zum Ausdruck bringt; entsprechend wird das Maß sein, wenn es — eine Funktion der Verunreinigung — parallel mit ihr steigend und fallend den Grad derselben anzeigt; die Chemie, welche wir zu Hilfe rufen, nennt dies Indikator. Wir suchen nach einem Indikator der animalischen Luftverunreinigung.

Die reine Luft.

Das was wir Luft nennen, das Gasgemenge, das als ein 70 bis 90 *km* tiefes Meer unseren Planeten umflutet, finden wir aus Stickstoff und Sauerstoff in konstantem Verhältnisse zu-

sammengesetzt. Der gasförmige Stickstoff — als solcher für den animalischen Lebensprozeß indifferent — bildet 79·02 Vol.-Prozent des Gemenges; 20·96 Vol.-Prozent entfallen auf den für die Natur lebenswichtigen Sauerstoff.

Bei diesen Angaben ist auf das neuentdeckte „Edelgas" Argon nicht Rücksicht genommen, welches dem Stickstoff außerordentlich nahe verwandt und als solcher bisher verkannt mit 0·94 Vol.-Prozent sich an der Zusammensetzung der Luft beteiligt. Einige Forscher sehen in Argon N_3, andere N_6. Argon ist doch wohl als Element anzusehen, da es sich weder aus Stickstoff darstellen, noch in ihn umwandeln läßt. Es scheint für Vegetation und Leben ebenso inaktiv und indifferent zu sein, wie sein Verwandter, der Stickstoff (Schlösing).

Stickstoff und Argon entbehren daher für unsere Besprechungen des weiteren Interesses.

Das Verhältnis der Sauerstoffmenge zum Stickstoffgehalte der Luft ist ziemlich konstant — überdies haben wir keine für unsere Zwecke praktische Bestimmungsmethode für Sauerstoff, und insbesondere keine Methode, welche jene verhältnismäßig geringen Sauerstoffschwankungen uns bequem erkennen ließe, die durch den animalen Stoffwechsel hervorgerufen werden.

Wir suchen andere Anhaltspunkte. Es ist natürlich, daß unser Interesse sich den Stoffen zuwendet, welche in geringer Menge in der Luft vorhanden sind, die jedoch schon bei oberflächlicher Erwägung unseren Betrachtungen nahe stehen, weil deren Vorhandensein in der Atmosphäre in engeren Beziehungen zu den animalen Lebensfunktionen gedacht werden muß. Es ist der Wasserdampf und die Kohlensäure. Beide unterliegen bedeutenden Schwankungen und eignen sich deshalb und weil diese Schwankungen durch praktische Bestimmungsmethoden unserer Erkenntnis leicht zugänglich sind, zum weiteren Studium.

Die Luft ist feucht: sie enthält Wasserdampf in schwankender Menge, von verschiedener Spannung.

Jede Temperaturstufe hat ihr besonderes Sättigungsmaximum. Bei verschiedenen Temperaturen sind verschiedene Wasserquanten nötig, um Sättigung hervorzurufen, und zwar mit Steigerung der Temperatur eine gesteigerte Wassermenge. So wäre z. B. die Maximalfeuchtigkeit (allgemein Mf_t) in bezug auf die Volumeinheit (1 m^3 Luft) und die Temperatur $+ 20^0 C: Mf_{20} = 17{\cdot}2\,g\,H_2O$.

Wenn daher bei vorhandener Sättigung die Temperatur sinkt, so kommt ein Überschuß an Wasser in der Luft zustande,

der sich nicht in Dampfform erhalten kann — der Taupunkt ist überschritten und es kommt zum Übergang der überschüssigen Quantität Wasser in tropfbar flüssige Form — zur Niederschlagung, zur Kondensation.

Wenn wir ein absolutes von der Temperatur unabhängiges Maß der Luftfeuchtigkeit suchen wollen, so müssen wir alles Wasser der Lufteinheit kondensieren oder absorbieren und wägen: wir erhalten die absolute Feuchtigkeit (Af).

Wenn die Sättigung der Luft mit Wasserdampf nicht erreicht ist, dann können wir die Luftfeuchtigkeit durch die Relation der momentan in der Luft vorhandenen Wasserquantität (Af) zu derjenigen Quantität, die aufgenommen werden könnte, mit Rücksicht auf die bestehende Temperatur (Mf_t) zum Ausdruck bringen. Dieser Ausdruck (Rf) genannt relative Feuchtigkeit, ist das prozentuelle Verhältnis der absoluten zur maximalen Feuchtigkeit ($Rf = \frac{100\,Af}{Mf_t}$).

Bei nicht erreichter Sättigung können wir vom Sättigungsdefizit reden, dessen Bedeutung und Wert uns $D = Mf_t - Af$ klar macht; er drückt aus, wie viel Gramm Wasser bei der bestehenden Temperatur 1 m^3 Luft noch aufnehmen muß, um gesättigt zu sein: das Sättigungsdefizit ist der Ausdruck der austrocknenden Kraft der Luft und darum für uns wichtig.

Der Begriff „Temperatur des Taupunktes" ist nach dem vorstehenden leicht erklärt. Dies ist diejenige Temperatur (t), bei welcher jeweilig $Mf_t = Af$ oder $D = O$ würde, diejenige Temperatur, bei welcher die vorhandene Feuchtigkeit die Luft sättigen würde.

Wir sehen eine Reihe dem mathematischen Kalkul bequem zugänglicher Größen, die wir uns geschaffen haben. Mf_t ist jeweilig bekannt (tabellarische Zusammenstellungen). Um eine der übrigen Größen zu finden, aus der dann alle Ausdrücke resultieren, dienen zahlreiche Methoden. Die Prinzipien wollen wir streifen.

Hygrometrie: Die Verlängerung eines langen, entfetteten Frauenhaares, hervorgerufen durch die Luftfeuchtigkeit, dient am einfachsten als Feuchtigkeitsmaß (Hygrometer). — Die Temperatur des Taupunktes läßt sich bestimmen, indem man ein spiegelndes (amalgamiertes) Kugelgefäß von innen künstlich abkühlt (durch Ätherverdunstung; Daniell, Regnault). Ein in die Kugel eingelassenes Thermometer läßt im Moment, wie sich an der spiegelnden Fläche Feuchtigkeit (in Tröpfchenform) niederschlägt, die Temperatur des Taupunktes ablesen.

Psychrometrie (nach August): von zwei nebeneinander gestellten Thermometern ist die Kugel des einen mit Musselin umhüllt, welches feucht erhalten wird. Je trockener die Luft, desto mehr Wasser verdunstet, desto größer daher die Differenz im Stande beider Thermometer. Dann ist

$$Af = Mf_{t1} (t - t_1) . \alpha$$

wobei t den Stand des trockenen, t_1 den des feuchten Thermometers, α eine Konstante = 0·65 bei Temperaturen über Null [0·56 bei Temperaturen unter Null], Af die gesuchte absolute, Mf_{t1} die aus Tabellen ersichtliche maximale Feuchtigkeit bei der Temperatur t_1 (feuchtes Thermometer) bezeichnet.

Die Verhältnisse der Luftfeuchtigkeit liegen der Theorie unserer Fragen nahe, doch können sie nicht die Hauptstütze der Theorie abgeben: wir haben sie daher nur berührt.

Der Körper — der menschliche und der animale — enthält gegen 60% Wasser; er bedarf der Feuchtigkeit in der Atmosphäre, er gibt Feuchtigkeit an die Atmosphäre ab, denn er sättigt die Ausatmungsluft mit Wasser. Der Mensch leidet unter dem Sättigungsdefizit, der austrocknenden Wirkung der Luft.

Es sind genug Momente da, um die Wassergehaltsfrage der Luft dem Ventilationsproblem nahe zu bringen und wir müssen auf diese Frage zurückkommen und mußten daher die Theorie besprechen.

Die Veränderungen und Schwankungen der Luftfeuchtigkeit sind vor allem von meteorischen und klimatischen Momenten abhängig.

Gegenüber diesen Witterungsschwankungen der Luftfeuchtigkeit scheint die Beeinflussung derselben durch das animale Leben in den Hintergrund gedrängt. Wir sehen uns weiter um.

Die Kohlensäure. Die CO_2 — die höchste Oxydationsstufe des Kohlenstoffes — ist in der reinen freien Luft zu 0·03% enthalten. Die Kohlensäure ist ein Produkt von Verbrennungsvorgängen; sie entsteht, wenn sich Sauerstoff mit Kohlenstoff unter Licht- und Wärmebildung in der Flamme vereinen; sie entsteht, wenn die Oxydation als schleichende Fäulnis und Gärung genannte Zerstörung organischen Daseins unter Aufbau und Förderung neuen organischen Lebens (der Mikroorganismen) vor sich geht, sie wird schließlich das Produkt des Lebensprozesses, der in der Bindung von C und O seine chemische Grundlage hat, bei welchem organische Substanz desselben Wesens zerstört und wieder aufgebaut und ersetzt wird.

Der Kohlensäuregehalt der Luft, soweit sie freie Luft ist, soweit ausgiebige Strömungen sie durchmischen, ist konstant gering und unschädlich.

Von großem Interesse für uns wird jedoch der Kohlensäuregehalt der Luft, sobald er sich steigert — denn diese Steigerung hängt augenscheinlich unmittelbar mit den animalen Lebensfunktionen, mit dem Haushalte, mit der Existenz des Menschen und der lebenden Natur zusammen, die da einen Kohlensäure erzeugenden Oxydationsprozeß im großen darstellt, für die aber anderseits die Kohlensäure ein Gift, der gesteigerte Kohlensäuregehalt der Luft eine Schädlichkeit darstellt. Die Kohlensäureerzeugung ist unumgänglich, die Kohlensäureabfuhr nötig.

Zum weiteren Studium war vor allem eine Methode zur genauen und bequemen Feststellung des Kohlensäuregehaltes der Luft zu finden.

Wir erörtern Pettenkofers Methode. Die Kohlensäure eines bestimmten Luftvolumens (geaichte Flasche) wird durch eine fixe Quantität titrierten Barytwassers gebunden und die Titerabnahme bestimmt. — Titriert wird mittels Oxalsäure (Indikator 1% alkoholischer Rosolsäurelösung).

Die Barytwasserlösung hat zirka $4\frac{1}{2}\,g$ kristallinisches Bariumhydroxyd und $\frac{1}{4}\,g$ Chlorbarium im Liter zu enthalten, und zwar letzteres, damit $NaOH$ und KOH, die der käufliche Ätzbaryt enthält, keine Störungen der Reaktion hervorrufen. Das Barytwasser ist in einer Flasche mit Ätzkali enthaltender Vorlage aufzuheben und beim Versuche mittels Heberohr mit Kautschukansatz derart in die Meßpipette zu bringen, daß es mit der atmosphärischen Luft nicht in Berührung kommt.

Die Stärke der Oxalsäure wird so gewählt, daß ein Kubikzentimeter soviel $Ba(OH)_2$ bindet, wie $\frac{1}{4}\,cm^3$ Kohlensäure; nach der Formel:

$$\text{Molek.Gew. } CO_2 : \text{Molek.Gew. } \begin{matrix} CO\,OH \\ | \\ CO\,OH \end{matrix} + 2\,H_2O = \text{Gew. v. } \tfrac{1}{4}\,l\,CO_2 : x$$

$$44 : 126 = 0{\cdot}491 : x$$

sind zu diesem Zwecke $x = 1{\cdot}404\,g$ Oxalsäure im Liter Wasser zu lösen.

Der Titer des Barytwassers muß so stehen, daß zirka 20—25 cm^3 dieser Oxalsäure verbraucht werden (sonst wäre es entsprechend zu verdünnen).

Der Titer der Barytlösung sei für 25 cm^3 vor dem Versuche m (nämlich cm^3 Oxalsäure, d. i. auf CO_2 umgerechnet $\frac{m}{4}$). Nun füllt man eine geaichte Flasche (mittels Blase-

balges mit Gummirohraufsatz) von dem bekannten Volum V mit der zu untersuchenden Luft, füllt 100 cm^3 der Barytlösung (mittels Pipette einwandfrei entnommen) hinein, verschließt mit Gummikappe und schwenkt und rollt die Flasche durch $^1/_4$—$^1/_2$ Stunde. Das zur Untersuchung verwendete Volumen ist natürlich nur mehr $V - 100$.

Dann wird die Barytlösung aus der Flasche in ein Spitzglas gegossen, der Niederschlag sich absetzen lassen (24 Stunden), mittels Pipette werden 25 cm^3 der geklärten Flüssigkeit ohne den Niederschlag aufzuwirbeln entnommen; man erhält nach der Titration den Wert n; die Titerabnahme ist demnach für das ganze Flaschenvolum ($V - 100$) gleich $4(m - n)$, weil nur ein Viertel der zur Absorption verwendeten 100 cm^3 titriert wurden (nämlich 25 cm^3) entspricht (nach dem früher Gesagten) $\frac{4(m-n)}{4} = m - n$ Kubikzentimeter Kohlensäuregehalt in ($V - 100$) demnach $\frac{1000\,(m-n)}{V - 100}$ Kubikzentimeter im Liter Luft, wobei V = geaichtes Flaschenvolum in Kubikzentimetern bedeutet; oder wenn man, um vollständige Genauigkeit und Gleichheit der Angaben zu erzielen, von der bestehenden Temperatur t und dem barometrischen Drucke auf 0^0 und 760 mm reduziert, ist der CO_2 Gehalt $\frac{\frac{1000\,(m-n)}{(V-100).b}}{(1+\alpha t)\,760} = 1000\,(m-n)\,\frac{(1+\alpha t)\,760}{(V-100).b}$ im Liter oder $^0/_{00}$, worin ($V - 100$) das bei der Temperatur t und b mm Druck geaichte Volumen der Flasche α (eine Konstante) $= 0{\cdot}00366$ ist.

Hierbei wäre der Barometerstand auch von der Temperatur t auf $0^0\,C$ zu reduzieren.

Es ist einzusehen, daß sich diese Flaschenmethode nicht überall eignet, darum schlug Pettenkofer bereits seine Röhrenmethode vor, bei welcher die Barytlösung in eine geneigte Röhre gebracht wird (beziehungsweise in zwei nacheinander aufgestellte Röhren), durch welche die zu untersuchende Luft mittels Aspiratorflasche (Flasche mit Heberohr) hindurchgesaugt und zugleich gemessen wird.

Wir wollen auch des „Praktischen" gedenken und darum sei noch die approximative Methode nach Lunge-Zeckendorf, die zur praktischen Orientierung empfehlenswert erscheint, erwähnt.

Von einer mit Phenolphthalein gefärbten, ein für allemal hergestellten $^1/_{10}$ Normalsodalösung werden jedesmal 2 cm^3 mit 100 cm^3 frisch ausgekochtem, destilliertem Wasser verdünnt und

10 cm^3 in den Apparat (Fig. 1) gefüllt, welcher vorher schon mittels des Ballons mit der zu untersuchenden Luft beschickt wurde. Jetzt preßt man eine Ballonfüllung Luft nach der anderen durch (jedesmal kräftig etwa 1 Minute schütteln). Endlich verfärbt sich die Lösung.

Es entsprechen:

0·3‰	48 Füllungen	1·0‰	9 Füllungen
0·4‰	35 "	1·2‰	8 "
0·5‰	27 "	1·4‰	7 "
0·6‰	21 "	1·5‰	6 "
0·7‰	17 "	1·8‰	5 "
0·8‰	13 "	2·1‰	4 "
0·9‰	10 "	2·5‰	3 "
		3·0‰	2 "

Die Methode ist nur für Luft anwendbar, welche nicht gar zu geringe Kohlensäurequantitäten enthält.


Fig. 1. Apparat Lunge-Zeckendorf.

Um vollständig zu sein, müssen wir hier anhangsweise erwähnen:

Auch die „reine Luft", über deren Untersuchung und Zusammensetzung — soweit dies die Ventilationsprobleme berührt — ein Bild entworfen wurde, enthält konstant Ammoniak, vielfach als flüchtiges $(NH_4)_2 CO_3$, doch kaum über 1 *mg* im m^3. Die Anhydride der Salpetersäuregruppe (respektive ihre flüchtigen Säuren und Verbindungen, z. B. $NH_4 NO_2$) finden sich in der Luft in Spuren (besonders nach elektrischen Entladungen; so entsteht insbesondere $NH_4 NO_2$, wenn der elektrische Funke durch feuchte Luft schlägt).

Ozon, der „aktive" Sauerstoff O_3, mit dem dritten nur mit geringer Affinität an das Molekül haftenden Atom O ausgestattet, daher kräftig oxydierend, findet sich in der Atmosphäre konstant, aber in minimalen Mengen. Man stritt um seine Bedeutung für den Lebensprozeß, um sein Vorhandensein im Blute oder gar um seinen Einfluß auf die Ausbreitung der Epidemien. Wenn seiner oxydierenden Kraft auch vielleicht eine gewisse Fähigkeit, die Luft zu reinigen (feinen Staub zu zersetzen? Wolfhügel) zukommen könnte, so hat eine so geringe Bemengung eben keine praktische Bedeutung.

Ebenso ergeht es mit dem Wasserstoffsuperoxyd, welches als „Antozon" von Schönbein in der Luft gefunden und erst später mit H_2O_2 identifiziert wurde.

Das Vorhandensein der letzterwähnten Stoffe in der Luft ist interessant; es kann jedoch auf ihr Verhalten höchstens eine Hypothese, aber keine praktisch verwertbare Theorie gegründet werden.

Die durch das animale Atmen und die animale Existenz verunreinigte Luft.

Prinzipien der Physiologie und Chemie der animalen Atmung.

Der Mechanismus der Atmung besteht in der Tätigkeit eines doppelten Systemes im Körper. Das eine Röhrensystem — welches Luft führt — ist ein Ventilationssystem und seine Tätigkeit wird äußere Atmung genannt; es besorgt die Sauerstoffzufuhr und Kohlensäureabfuhr, sagen wir äußerlich, in Kommunikation mit der Außenluft, indem es den Sauerstoff in eine vorläufige Zentrale, die Lunge, bringt, respektive die Kohlensäure von hier abführt. Hier wird der Sauerstoff gleichsam verladen, einem Vehikel übergeben, respektive die Kohlensäure diesem Vehikel entnommen. Dieses Transportmittel ist das Blut, welches im Zirkulationssystem rollt, das den Sauerstoff von der (deshalb „vorläufig" genannten) Zentrale der Lunge, zur eigentlichen Verbrennungszentrale, den Körperorganen, bringt, respektive die hier durch den Verbrennungsprozeß, der innere Atmung genannt wird, gebildete Kohlensäure zur Lunge führt.

Damit ist das Wesen des Atmungsprozesses erschöpft und wenn es mir gestattet sein möge, noch wenige erklärende Worte hinzuzufügen, so geschieht dies nur, um mich später mit meinen Lesern aus Technikerkreisen leichter zu verständigen.

Das Ventilationssystem besteht aus Nase, respektive Mund als Beginn des Kanales, dann dem Schlunde, der Luftröhre, deren Verzweigungen, den Bronchien, feinen Bronchien (Bronchiolen) und schließlich den Lungenbläschen, den zarten kugelförmigen Kämmerchen am Ende der feinsten Bronchiolen. Für später wichtig ist uns, daß dieses System mit besonderen Staubabfangvorrichtungen von der Natur ausgerüstet wurde. Die Schleimhaut der Nase, des Schlundes, Kehlkopfes, der Luftröhre und ihrer gröberen Verzweigungen ist einerseits feucht und anderseits mit mikroskopisch zarten Wimpern tragenden Zellen ausgekleidet; wegen der Feuchtigkeit der Schleimhaut klebt der Staub an dieselbe an; durch die feinen Bewegungen der Wimpern wird nur das Staubkorn, welches im Schleimbelage der Schleimhaut gleichsam schwimmt, all-

mählich dem Ausgange zu, d. h. aus dem Atemweg herausbefördert. (Vergl. später Kapitel vom Staube Seite 96.)

Das Ventilationssystem hat nicht nur seine chemische Zentrale, sondern auch sein mechanisches Agens in der Lunge indem deren lockeres Gewebe, von den Brust- und Zwerchfellmuskeln gleich einem Blasebalge rhythmisch zusammengedrückt wird.

Das Zirkulationssystem verzweigt sich fein in den Wandungen der Lungenbläschen, wo Sauerstoff aufgenommen und Kohlensäure abgegeben wird; es verzweigt sich ferner auch fein im Körper, wo der umgekehrte Prozeß stattfindet. Dieses System hat eine besondere mechanische Zentrale und Pumpstation im Herzen, das aus zwei vollkommen getrennten „Hälften" besteht, welche gleichzeitig aber vollkommen geschieden arbeitende Ventilpumpen darstellen: die eine dient zur Bewegung des Sauerstoffblutes in der Bahn Lunge via linke Herzhälfte zum Körper, die andere zur Bewegung des Kohlensäureblutes in der Bahn Körper via rechte Herzhälfte zur Lunge. Dadurch resultiert die Zirkulation (siehe Schema). In der Lunge geschieht demnach die Gasübertragung, im Körper selbst die Ausnutzung, welche sich als Oxydation, respektive Verbrennung qualifiziert.

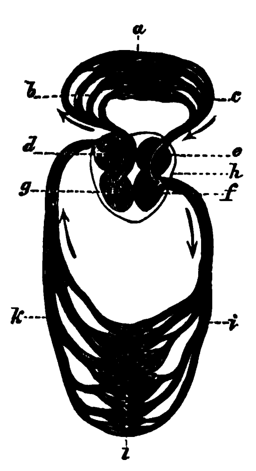


Fig. 2.
Schema des Blutkreislaufes.
a Lunge, *b* Lungenarterie, *c* Lungenvene, *d g* rechte Herzvorkammer u. Kammer, *e h f* linke Herzvorkammer und Kammer, *k* Venen, *i* Arterien, *l* Haarröhrchen.

Der eigentliche chemische Prozeß geht in den Geweben vor sich. Doch auch der Bindungsprozeß, respektive der Entbindungsprozeß der Blutgase in der Lunge ist chemisch; die Bindung der Blutgase soll nur eine interimistische sein und daher muß sie eine lockere bleiben (wichtig für das Verständnis des später folgenden Kapitels von den gasförmigen Blutgiften). Diese Vereinigung der CO_2 und des O mit dem Blute ist jedoch wieder mehr als eine bloße, vom Drucke vollkommen abhängige und mit ihm proportionale Absorption; Beweis dessen ist, daß das Blut z. B. in einer reinen Sauerstoffatmosphäre ebensoviel O aufnimmt, wie in der Luft oder in einem wenig O-haltigen Gemische und sogar imstande ist, den O einer Gasmischung ganz zu erschöpfen.

Ebenso ist die CO_2 im Blute auch chemisch gebunden. — Die Gase sind im Blute an das Hämoglobin (den Farbstoff der

roten Blutkörperchen, deren 5 Millionen im Kubikzentimeter Blut enthalten sind) gebunden (als Oxy- respektive CO_2 Hämoglobin), ein Teil der CO_2 bindet sich überdies an die Blutflüssigkeit (Plasma; vielleicht als Bikarbonat CO_3NaH?). — Die erwähnte chemische Bindung (nach Äquivalenten) ist jedoch so locker, daß für die Lösung dieser Verbindungen der Gasdruck schon entscheidend ist und hier die „Dissoziation von Gasverbindungen nach Donders" zur Geltung kommt; die Gasverbindungen dissoziieren sich, sobald sie sich in einer Umgebung befinden, in welcher der Partialdruck der CO_2, respektive des O sehr gering ist (die Gase sind daher auch auspumpbar).

Auf diesen Prinzipien ist die ganze Chemie der animalen Atmung gegründet.

Die animale Atmung ist also eine Quelle der Veränderung des quantitativen Verhältnisses der Bestandteile der atmosphärischen Luft im Sinne der Verschlechterung, d. h. Entwertung zum neuerlichen Gebrauche. Es gilt weiter diese Entwertung quantitativ festzustellen.

Bestandteile der Ausatmungsluft.

Wiederum muß der Name von Pettenkofer hier genannt werden. Er war es, der durch seinen genau registrierenden Respirationsapparat die präzise Feststellung der Bestandteile der Ausatmungsluft ermöglichte.

In einem Kämmerlein mit dichten Wandungen und einer Luftzufuhrsöffnung atmet die Versuchsperson. Eine Dampfdruckpumpe saugt die gebrauchte Atmosphäre ab; in diese Hauptableitung ist eine genaue Gasuhr eingeschaltet; von dieser Leitung zweigt vor dem Gasmesser eine Nebenleitung ab, welche ein bestimmtes durch eine kleinere Gasuhr gemessenes Quantum der gebrauchten Luft der Analyse zuführt; und zwar passiert der Luftstrom zuerst einen mit konzentrierter Schwefelsäure gefüllten Kugelapparat, dessen Gewichtszunahme dann den Wassergehalt ergibt, dann folgt die Aufnahme der Kohlensäure durch ein Barytwassergefäß, hierauf die Gasuhr und endlich eine kleine bewegende Pumpe. Ebenso wird ein bestimmtes Luftquantum der Außenluft (knapp vor der Luftzufuhrsöffnung der Kammer) entnommen, gemessen und untersucht. Man kennt demnach: Quantum der Abfuhrsluft = Quantum der Zufuhrsluft und Bestandteile eines aliquoten Teiles beider; daher ist die Ermittlung der Gesamtbestandteile beider Luftarten und der Vergleich leicht und genau.

Aus diesem Vergleiche resultiert nun für die Ausatmungsluft: ein bedeutender Gehalt an Kohlensäure, und zwar zirka

4·5% (100fach gegen die reine Luft vermehrt), eine Sauerstoffabnahme (nur noch zirka 16% statt 20%), ferner: Sättigung mit Wasserdampf und bedeutende Erwärmung.

Die Kohlensäureproduktion des Erwachsenen beläuft sich stündlich auf $22^1/_2$ *l*.

Die Anhäufung der Kohlensäure und die Überhitzung der Atmosphäre in abgeschlossenen Räumen, in welchen Menschen zusammengepfercht sind, kann gefährlich werden, ja sogar tötlich wirken. So sind nach einer Schlacht in den Franzosenkriegen zahlreiche in einem engen, niedrigen Keller eingesperrte Österreicher erbärmlich zugrunde gegangen.

Doch dies sind exzessive Fälle, denn es wird, wie Pettenkofer nachwies, ein sehr hoher Kohlensäuregehalt der Atmosphäre vorübergehend noch ertragen. Pettenkofer konnte in einer zirka 1% Kohlensäure enthaltenden Luft mehrere Stunden hindurch ohne Schaden zu nehmen atmen.

Die Bedeutung der Kohlensäure für unsere Frage liegt nicht in der faktischen Giftigkeit dieses Gases; wir werden vielmehr gleich weiter unten auf die theoretische Bedeutung des Kohlensäuregehaltes der benutzten Wohnraumatmosphäre unsere Betrachtungen weiter bauen — wenn auch die da in Betracht kommenden Kohlensäurekonzentrationen weit unter der Giftigkeitsgrenze liegen (siehe Seite 10 und vergl. später Kohlensäure als schädliches Gas im Gewerbe).

Ein an und für sich giftiger Kohlensäuregehalt der Luft ist eine Seltenheit, und es hat sich anderseits herausgestellt, daß eine Atmosphäre schon viel früher unerträglich wird, ehe noch ein als „schädlich" in die Wagschale fallender Gehalt an Kohlensäure vorhanden ist. Forscher, wie Nowak, Seegen, Brown-Sequard, Hermanns, Arsonwal, Formanek, stellten daher zahlreiche Versuche an, welche dahin gingen, die eigentlich die Luft verderbenden, respektive in der Ausatmungsluft vorhandenen schädlichen Stoffe aufzufinden.

Die kompendiöse Literatur dieses Themas, welche von Formanek (Archiv f. Hyg. 1900) zusammengefaßt wurde, zeigt ein ziemlich buntes Für und Wider.

Einzelnen Forschern starben die Experimentiertiere, welche der Anhäufung der „Eckelstoffe" (unter Wegnahme der Kohlensäure und Zufuhr von Sauerstoff) ausgesetzt waren; andere injizierten den Tieren das Kondenswasser, das sich an den Wandungen des Atmungskämmerleins niederschlug und fanden diese Flüssigkeit giftig. Das gegnerische Lager macht gegen diese Versuche eine Reihe von Einwürfen und vielfach wird die Existenz dieser Stoffe bestritten. Arsonwal und Brown-

Sequard versuchten die chemische Bestimmung dieser Stoffe und glauben dieselben unter die „Ptomaine", also als Alkaloide einreihen zu sollen; andere halten dieses sogenannte „Anthropotoxin" nur für Schwefelwasserstoff; Formanek, welcher sehr genau experimentierte, hält die gesuchte fremdartige Base für Ammoniak. Als Verunreinigungsquelle kommt hier nicht allein die Atmung, sondern allerhand Emanationen des animalen Körpers in Betracht und es wird vor allem auch auf die Zersetzungvorgänge in der Mundhöhle hingewiesen.

Das Maß der Luftverunreinigung.

Auf dem berührten Gebiete Klarheit zu schaffen und das Unerforschte doch zu erkunden, reizt das Interesse des Gelehrten. Wir müssen diese für unsern Zweck unfruchtbaren, weil noch nicht genügend geklärten und daher als solche nicht in die Praxis übertragbaren Ausführungen abbrechen und uns aus dem — nach dem Gesagten — genugsam verworrenen Labyrinthe von Tatsachen, die experimentelle und theoretische Forschung hervorgebracht, einen Weg, eine Brücke hinüber zur Praxis suchen. Und auch diesen Weg hat Altmeister Pettenkofer gewiesen (im Jahre 1858); und trotzdem, daß ein so reiches Forschungsmateriale inzwischen aufgespeichert wurde, können wir auch heute diesen Weg betreten.

Wir erwähnten, daß uns eine analytisch-chemisch bestimmbare, mathematisch genau greifbare Handhabe gegeben sein muß, um weiter zu kalkulieren.

Die Verunreinigungen der Atmosphäre durch die Menschenexistenz sind verschiedenartiger, mannigfaltiger und zum Teil unerforschter Natur.

Parallel mit der Steigerung der Luftverunreinigung durch die animale Existenz geht die Zunahme des Kohlensäuregehaltes dieser Atmosphäre. Luftverunreinigung und Kohlensäuregehalt stehen im geraden Verhältnisse.

Hat die Luftverunreinigung ihren „unerträglichen" Grad erreicht, dann hat der Kohlensäuregehalt eben einen bestimmten, leicht bestimmbaren Grad erklommen. Und daraus eben, daß stets bei einem bestimmten, gleichen Kohlensäuregehalte, die Wohnraum-, respektive Lokalluft bei Menschenansammlungen unangenehm wird, läßt sich schließen, daß der Kohlensäuregehalt ein brauchbares Maß der Luftverunreinigung ist. Man empfindet bei einem Gehalte von 1 pro mille Kohlensäure in der (animalisch) benutzten Luft eine gewisse Belästigung. Demnach muß man trachten (unter den

gegebenen Verhältnissen der bloßen „animalen" Verunreinigung); den Kohlensäuregehalt in Wohn- und Versammlungsräumen stets unter diesem Werte zu halten. Und an diesen Gedanken werden wir weiter unten anschließen. Nochmals sei hervorgehoben: der angegebene „maximale" Kohlensäuregehalt liegt tief unter Schädlichkeitsgrenze. Man fühlt sich bei einem Gehalte von 1‰ CO_2 in der Luft unwohl, aber nicht infolge dieses Gehaltes. Die Kohlensäure ist hier bloß der Indikator.

Diese Methode, die Güte der Luft nach ihrem CO_2-Gehalte zu beurteilen — trotzdem sie sehr plausibel ist und das Weiterarbeiten ermöglicht hat — hat Gegner gefunden und dies ist leicht erklärlich, da sie sich nicht auf absolute Tatsachen, sondern auf Erfahrungstatsachen stützt, das Angreifen ist daher unschwer. Man könne eben auch anderes, wie z. B. den Wassergehalt als Indikator nehmen, so meinen diese Kritiker; doch negieren und bemängeln ist leichter als positives Wissen zu produzieren und brauchbare Vorschläge zu erstatten. Solange wir nicht besseres haben, bleiben wir beim Alten, Probaten (so auch Wolfhügel). Ein positiver Vorschlag in dieser Richtung wurde nur von Rietschel erstattet, der die von Mensch (Tier), beziehungsweise dessen Wirtschaft produzierte Wärme als Luftverschlechterungs-Indikator vorschlägt. Er gelangt zu einer mathematischen Formel — und das brauchen wir; daher können wir diese Methode bei unseren Ausführungen (weiter unten) mit besehen. Es ist eben auch eine Methode. Welche wohl die bessere ist? Wolfhügel meint erwiesen zu haben, daß wohl „kein Grund vorhanden ist, von der Lehre Pettenkofers abzugehen und uns zu Rietschel zu bekennen." (Arch. f. Hyg. XVIII. S. 316.)

Die durch die Haushaltung (Hauswirtschaft) und spezielle Beschäftigung des Menschen verunreinigte Luft.

Die durch die unmittelbaren Existenzbedingungen des Menschen hervorgerufenen Stoffe und Emanationen verunreinigen die Luft. Diese Verunreinigungen sind natürlich um so schwerer meßbar, als die Quellen mannigfaltig sind und vielfach Verunreinigungen der heterogensten Art schon durch die unmittelbaren Existenzbedingungen des Menschen — die wir Haushaltung nennen können — hervorgerufen werden.

Zur Haushaltung gehört die Küchenwirtschaft mit dem Aufbewahren (Kellerwirtschaft) und Zubereiten der Speisen, ferner die Abfuhr der Abfallstoffe, dann die Beleuchtung und Beheizung — denken wir nun noch an die besonderen Ver-

hältnisse beim Tabakrauchen, dann bei Gelagen, in Kneipen, in Versammlungslokalen und niederen Hütten — dann sehen wir ein, daß hier nach irgend welchem Schema vorzugehen, wohl hieße, der Wirklichkeit Zwang anzutun. Hier interferieren die mannigfaltigsten Emanationen und wird man wohl sagen müssen, daß der „Kohlensäuremaßstab", wo außer der Menschenatmung noch sogar sehr viel anderes die Luft verunreinigt, wohl mit Vorsicht gehandhabt werden muß. Am ehesten stimmts noch bei der Beleuchtung, wenn bei ihr die Kohlensäureproduktion auch die souveräne Luftverunreinigung ist. Wenn z. B. aber Staubmassen die Luft mit Unreinlichkeit schwängern, dann werden eben unsere Betrachtungen auf ganz andere Bahnen gelenkt. Und ebenso steht es, wenn andere Gasarten — fremdartige, giftige Gase die Luft mit ihren Dünsten erfüllen. Diese ganz veränderten Verhältnisse, wie sie insbesondere bei speziellen Berufsbeschäftigungen des Menschen — beim Gewerbe — in Betracht kommen, werden wir einer eingehenden speziellen Untersuchung unterziehen. Unsere allgemeinen Grundlagen müssen dann den speziellen Verhältnissen akkomodiert und appliziert werden.

Was den Staub anlangt, hat man den Versuch gemacht ein Maß zu finden, indem man die organischen Substanzen in der Luft ähnlich zu bestimmen trachtete, wie man es mit den organischen Substanzen im Wasser tut — doch das stimmt nicht. Soweit es sich da um Staub handeln soll, so kommt bei solch einer Methode gar nicht aller Staub zur Geltung. Aller Staub ist ja auch gar nicht organisch und wie wir später hören und prüfen werden: gerade der gefährlichste Staub ist anorganisch. Abgesehen davon also, daß die organischen Bestandteile der Luftverunreinigung nicht sehr wichtig und an und für sich wenig interessant sind und nie ein richtiges Maß für die Luftverunreinigung oder gar deren Schädlichkeit abgeben können, so ist auch insoferne hier auf schlechten Prämissen gebaut, weil die Staubpartikelchen organischer Natur nicht gleichmäßig von einer Übermanganlösung angegriffen, respektive oxydiert werden. Die Methode hat keinen Wert für die Praxis (Lehmann).

Die Sorge für das Vorhandensein von unverderbter Luft in genügendem Maße.

Wir kennen die Tatsachen der Luftverderbnis und die Faktoren, aus welchen diese Verderbnis resultiert. Die Konsequenz aus der erkannten Tatsache ist die Sorge für ein

genügendes Quantum von Luft für jedes Individuum und zwar Luft von mindestens solcher Beschaffenheit, daß eine Schädigung dem Individuum nicht erwachsen kann.

Dem Menschen muß ein gewisser Luftraum geboten werden. Doch dies allein genügt selbstredend nicht, da sich der Mensch nur vorübergehend in einem solchen Luftraume wohl fühlen würde. Es muß immer eine neue unverderbte Quantität Luft gewährt werden. Es muß Luftwechsel, Lüftung oder Ventilation des dargebotenen Luftraumes eintreten. Durch das Zusammentreten beider Faktoren wird das Ziel erreicht und mit Hilfe dieser beiden Faktoren müssen die Produkte der Quellen der Luftverderbnis unschädlich gemacht — die Luftverderbnis muß kompensiert werden. Unsere weitere theoretische Erwägung geht dahin, wie groß der Luftraum (Luftkubus) und wie groß das Lüftungsquantum gewählt werden soll.

Die Güte der Luft, respektive der Grad der Luftverderbnis ist eine Funktion von Luftkubus und Lüftungsquantum.

$$\text{Luftverderbnis} = \frac{\text{Quellen der Verderbnis}}{\text{Luftkubus u. Lüftungsquantum}}$$

Wenn wir für gute Luft sorgen, müssen wir entweder die Quellen der Luftverderbnis restringieren oder Luftkubus und Lüftungsquantum quantitativ heben.

Wir machen in unseren allgemeinen Besprechungen nunmehr die Voraussetzung, daß die Verunreinigung der Luft in der einfachen animalen Existenz (des Menschen, respektive des Experimentiertieres) besteht. Es kommt daher ein Restringieren der Quellen der Luftverderbnis nicht in Betracht. Diese letztere Aufgabe wird uns vor allem bei unseren speziellen Betrachtungen erfüllen, wo wir die Quellen der Luftverderbnis in der speziellen gewerblichen Beschäftigung des Menschen zu suchen und zu unterdrücken trachten werden.

Luftkubus und Lüftungsquantum.

Es kommt darauf an, bei der Sorge für die Beschaffung der nötigen Quantität reiner Luft das richtige Verhältnis der beiden unterstützenden Faktoren zu treffen. Wir haben für diese Begriffe den Minimalwert aufzusuchen und festzustellen.

Wir greifen zurück.

Wir gehen von dem Grundsatze aus, welcher eben ein Erfahrungssatz ist, daß nämlich Luft von dem Kohlensäuregehalte 0·7‰ bis 1‰ die Erträglichkeitsgrenze darstellt.

Pettenkofer nahm 0·7 an.

Wolfhügel und Lang 1‰ bis 1·5‰; wir wollen uns mit Flügge an den Mittelwert von 1‰ halten.

Die zweite Stütze unserer Betrachtungen ist die diskutierte Tatsache der konstanten Kohlensäureproduktion des Menschen. Wir führen als zweite bekannte Größe die vom Menschen stündlich produzierte Kohlensäurequantität ein.

Mit den beschriebenen Respirationsapparaten ist festgestellt worden, daß folgende Kohlensäurequanten abgegeben werden (Flügge).

Arbeiter bei Ruhe am Tage	22·6 *l*	Kohlensäure pro Stunde
Arbeiter bei Arbeit am Tage	36·3 *l*	„ „ „
Arbeiter bei Nacht	16·7 *l*	„ „ „
Ein Jüngling (16 Jahre)	17·4 *l*	„ „ „
Eine Jungfrau (17 Jahre)	12·9 *l*	„ „ „
Ein 10jähriges Kind zirka	10·0 *l*	„ „ „
Wir wollen den Mittelwert	22·6 *l*	„ „ „

zur Grundlage nehmen. Die Frage steht also wie folgt: Wie viel Luft braucht ein Mensch stündlich, wenn er die Quantität Kohlensäure $m = 22{\cdot}6$ stündlich abgibt, damit der Gehalt $q = \frac{1}{1000}\,l$ oder $0{\cdot}001\,l$ Kohlensäure im Liter Luft nicht überschritten werde. Hierbei muß noch mit dem Kohlensäuregehalte der reinen Luft gerechnet werden,

Zwischen den drei Bekannten:

$m = 22{\cdot}6\,l\ CO_2$ stündlich produziertes Quantum,
$n = 0{\cdot}0003\,l\ CO_2$ vorhandener Gehalt,
$q = 0{\cdot}001\,l\ CO_2$ Grenze des Gehaltes, und der Unbekannten:
$x =$ in Frage stehende Quantität, die geboten werden muß besteht die Relation:

$$x : 1 = m : q - n$$

$$x = \frac{m}{q - n} = \frac{22{\cdot}6}{0{\cdot}0007} = 32333\,l$$

oder zirka $32\,m^3$ Luft stündlich müssen dem Menschen mindestens geboten werden.

Es wird hier ein einstündiger Luftwechsel angenommen. Die $32\,m^3$, respektive die benötigte Luftmenge wird ja von Luftkubus und Lüftungsquantum bestritten. Wenn wir den Luftkubus gleich $x = 32$ setzen und wie es am zweckmäßigsten ist, das Lüftungsquantum (Lufterneuerungsmenge) in einem Multiplum des Luftkubus geliefert von der Lüftung in

einer bestimmten Zeiteinheit (Stunde) ausdrücken, dann ist das Lüftungsquantum pro Stunde im vorliegenden Falle = 1, d. h. 1 x mit anderen Worten nach einer Stunde wird einmal gewechselt. Der Wechsel kann natürlich in der Zeiteinheit öfter geschehen, theoretisch natürlich sehr oft, der Koeffizient, der das Lüftungsquantum ausdrückt, braucht nur zu wachsen und der Luftkubus wird herabgedrückt; doch dies hat seine Grenze in der Praxis — und davon sprechen wir noch weiter.

Jetzt spinnen wir noch die oben ausgedrückten Gedanken prüfend etwas weiter aus. Nach einer Stunde wird einmal gewechselt, sagten wir. Das Schwergewicht liegt auf dem „nach", weil diese theoretische Voraussetzung tatsächlich eine Lücke, eine falsche Prämisse ist. Der Austausch ist ein ununterbrochener. Und diesen Gedanken hat Oppermann rechnerisch ausgeführt. Er supponiert seiner Berechnung den stündlich einmaligen Luftwechsel, doch korrigiert er den offenbaren Fehler dadurch, indem er den stetig sich vollziehenden Luftwechsel und dessen Resultat, um eine mathematische Reihe zu erzielen, zunächst für die Minute berechnet und gleichsam ruckweise von Minute zu Minute die Luftzu- und Abfuhr sich vollziehen läßt.

Wir besehen, da uns für die ganze interessante Berechnung (welche in Albrecht, Gewerbe-Hygiene, ausgeführt ist) der Raum mangelt, die Voraussetzungen und das Resultat.

Oppermann kalkuliert: ein Mensch erzeugt in der Minute einen Kohlensäureüberschuß von 0·3916 l (hier ist von 23·5 l CO_2 stündlich ausgegangen), daher ist bei $Q\,m^3$ Inhalt des gebotenen Raumes und 0·4 Q Kohlensäuregehalt, wenn dieser Raum mit frischer Luft erfüllt ist, am Ende der ersten Minute im Raume $0{\cdot}4\,Q + 0{\cdot}3916\,l\,CO_2$ vorhanden. Wenn eine m-malige Erneuerung der Luft in der Stunde stattfindet, so strömt am Ende dieser Minute $\frac{Q}{\left(\frac{60}{m}\right)}$ Luft zu und bringt $\frac{0{\cdot}4\,Q}{\left(\frac{60}{m}\right)}\,CO_2$ herein: eine gleiche Menge Luft $\frac{Q}{\left(\frac{60}{m}\right)}$ strömt ab und nimmt $\frac{0{\cdot}4\,Q + 0{\cdot}3916}{\left(\frac{60}{m}\right)}$ mit. Der Kohlensäuregehalt am Ende der ersten Minute ist

$$K_1 = (0{\cdot}4\,Q + 0{\cdot}3916) - \left(\frac{0{\cdot}4\,Q + 0{\cdot}3916}{\left(\frac{60}{m}\right)}\right) + \frac{0{\cdot}4\,Q}{\left(\frac{60}{m}\right)}$$

$$= 0{\cdot}4\,Q + 0{\cdot}3916 - 0{\cdot}0065\,m.$$

So konstruiert Oppermann eine Reihe, welche, wenn $n = \infty$ gewählt wird, die Summe

$$K = \frac{0{\cdot}4\, m\, Q}{60} + \frac{60 - m}{m}\left(0{\cdot}3916 + \frac{0{\cdot}4\, m\, Q}{60}\right)$$

ergibt als höchsten nach unendlich langer Zeit eintretenden Kohlensäuregehalt. Wenn man nun die Grenze 1°/₀₀ CO_2 in der Luft berücksichtigt, so darf also 1 m^3 Luftraum nur 1 l Kohlensäure enthalten, d. h. wie viel Q (m^3 Luftraum) soviel K (l Kohlensäure in Q), es wird also: $K = Q$, setzt man überdies m = 1 (einmaliger Luftwechsel in der Stunde), dann resultiert für die Unbekannte

$Q = 38{\cdot}5\, m^3$
bei zweimaligem Luftwechsel: 18·9 m^3
bei dreimaligem Luftwechsel: 12·4 m^3

als Luftkubus bei gegebener Ventilationsgröße (Koeffizient 1, 2, 3).

Wir sehen, daß dieses Resultat (38·5) von unserem früheren Resultate (32) nicht sehr erheblich abweicht.

Interessant ist noch, daß wenn man wie Pettenkofer selbst, strenger ist und die Grenzwerte 0·7°/₀₀ oder 0·6°/₀₀ als Zulässigkeitsgrenze annimmt, sich aus der Oppermannschen Formel 77·0°/₀₀, beziehungsweise 115·5°/₀₀ als Luftbedarf per Kopf und Stunde ergibt. Rubner (Novak) ist für diese Werte schon bei der Forderung von 113 m^3, beziehungsweise 226 m^3 angelangt, und verlangt auch bei 1°/₀₀ (als Grenzwert des Kohlensäuregehaltes) bereits 45 m^3 Luft per Kopf und Stunde (Rubner geht von unserer ursprünglichen Formel aus, doch nimmt er $n = 0{\cdot}0005$, daher erklärt sich die Differenz gegenüber den berechneten 32·3 m^3).

Zu bemerken ist noch, daß, wenn in einem Raume mehrere gleichartige Kohlensäurequellen angenommen werden, die ursprüngliche Formel die Form annimmt: $x = \frac{p \cdot m}{q \cdot n}$ worin p die Anzahl der Kohlensäurequellen, m die von der einzelnen Quelle produzierte Kohlensäurequantität darstellt.

Sind die Kohlensäurequellen heterogen (Beleuchtung und menschliche Atmung), dann gilt $x = \frac{m + m_1}{q + q_1 - n}$, wo m_1 CO_2-Produktion der zweiten Quelle und q_1 der hierdurch bedingte Kohlensäuregehalt der Zimmerluft ist.

Besehen wir noch die von Rietschl vorgeschlagene Berechnung des Luftbedarfes auf Grund einer nicht zu über-

schreitenden Temperaturgrenze. Rietschel glaubt, daß die Berechnung auf Grund des Kohlensäuremaximums viel zu geringe Werte liefere, sobald es sich um stark besetzte Versammlungsräume, besonders bei starker künstlicher Beleuchtung handle (Theater, Tanzsäle, Versammlungen, Werkstätten). Bedeutet nun t die im Lokale zulässige Temperatur, t_1 die Temperatur der zugeführten Luft, α den Ausdehnungskoeffizienten der Gase (Luft) $= \frac{1}{273}$; 0·306 die zur Erwärmung der Lufteinheit (1 m^3) von 0^0 auf 1^0 nötige Wärmemenge, W die stündlich an die Luft abgegebene Wärmequantität dann gilt: $x = \frac{W(1 + \alpha_t)}{0{\cdot}306(t - t_1)}$ als Luftbedarf pro Stunde; woraus, wenn man $W = 100$ Wärmeeinheiten, d. i. die stündlich vom Erwachsenen gelieferte Wärmemenge setzt und wenn ferner $t = 19^0\ C$ ist, resultiert, daß gefordert werden bei

der Frischlufttemperatur	$t_1 = 0^0$;	$x = 18\ m^3$
„ „	$t_1 = 10^0$;	$x = 39\ m^3$
„ „	$t_1 = 16^0$;	$x = 117\ m^3$
„ „	$t_1 = 18^0$;	$x = 350\ m^3$
„ „	$t_1 = 19^0$;	$x = \infty\ m^3$,

Wie wir erwähnten, spricht Wolfhügel der Formel und den daraus abgeleiteten Werten eine praktische Bedeutung für Ventilationsfragen ab, indem er vor allem auch nachweist, daß bei kalten Tagen durch die entsprechende Regelung der Heizung die geforderte Temperaturgrenze erhalten werden könne, ohne die Lüftung auch nur in Mitwirkung zu ziehen. Die Temperatur ist von Faktoren abhängig, die mit der Luftverunreinigung in keinem direkten Zusammenhange stehen, daher kann eine Proportionalität zwischen dem Maß und der zu messenden Verunreinigung hier wohl noch viel schwieriger unbestritten bleiben, wie dies bei dem „Kohlensäuremaßstab" der Fall ist. Die Rietschelschen Vorschläge scheinen kaum praktischer zu sein als es die ursprünglichen Pettenkoferschen waren.

Praktische Konsequenzen für das Verhältnis von Luftkubus und Lüftungsquantum (Wahl der Größe des Lüftungskoeffizienten).

Die benötigte Luftmenge V wird vom Luftkubus Q (dem dargebotenen Luftraume) und dem Lüftungsquantum (der stündlich zugeführten Luftmenge ausgedrückt in einem Multiplum des Luftkubuses) mQ bestritten

$$V = m\,Q.$$

m wollen wir den Lüftungskoeffizienten nennen. Je mehr m wächst, desto kleiner kann Q angenommen, respektive theoretisch zugelassen werden, damit das erforderliche V geboten werden könne.

Doch hier setzen in der Praxis zwei Faktoren die Grenze und bestimmen dadurch für Q einen Minimalwert, indem sie für m einen Maximalwert feststecken.

Vor allem ist es die technische Durchführbarkeit, welche für m eine Maximalgrenze setzt. Die Erfahrung und Berechnung lehrt, daß mit den zu Gebote stehenden Mitteln m nicht über 5 hinausgetrieben werden könne.

Welche Mittel zur Erhöhung des Koeffizienten m, d. h. zur Erzielung des Luftwechsels, respektive eines genügenden Ventilationsquantums zur Verfügung stehen — über diese Frage, sowie darüber wie bei Anwendung dieser Mittel das so wichtige m berechnet und bestimmt wird, werden wir unseren Lesern im nächsten Abschnitt Rechnung legen.

Wenn auch die Technik einen Lüftungskoeffizienten von der Höhe wie $m = 5$ erzeugen könnte, so zieht hier die Erträglichkeit, respektive Unerträglichkeit eines so intensiven Lüftungsgrades als zweiter Faktor noch engere Grenzen. Mit der Erhöhung des Koeffizienten wächst die Geschwindigkeit des Einströmens, beziehungsweise die Geschwindigkeit des Abströmens der Frischluft, beziehungsweise der Abluft, da hierbei noch außerdem sich die Dimensionen des gebotenen Raumes verringern, so ist es leicht begreiflich, daß bereits bei $m = 3$ „Zugluft" sich bemerkbar macht, welche mit keinen Mitteln sich beseitigen läßt und daß diese lästige und wie bekannt schädliche zu „Erkältungskrankheiten" beitragende Luftbewegung über dieser Grenze unerträglich wird. Je größer die Lüftung in einem kleinen, engbesetzten Raume ist, um so leichter stellt sich das Gefühl des Zuges ein. (Weyl-Schmidt.)

Als dritter einschränkender Faktor kommt hinzu, daß ja auch für die Möglichkeit einer freien, bequemen und unbehinderten Bewegung ein gewisser Zimmerraum per Kopf geboten werden muß.

Für die ermittelten Werte

$$x = V = mQ = 32 \text{ (beziehungsweise 36)}$$

ergibt sich demnach als Minimalwert für $Q = 11$ bis $12\ m^3$ beim angenommenen Maximalwert $m = 3$. Wenn wir die Prämissen nochmals in Erwägung ziehen, aus welchen wir diesen Schlußsatz gefolgert haben, dann müssen wir, um falsche Deduktionen für die Praxis zu vermeiden, denselben folgendermaßen strenge

formulieren: vorausgesetzt, daß die Luftverschlechterung in einem Raume nur durch die einfache (animale) Existenz von Menschen hervorgerufen werde, von welcher Luftverschlechterung man annimmt, daß sie parallel mit der Kohlensäureproduktion einhergeht und ferner vorausgesetzt, daß die außerordentlich günstigen Verhältnisse einer dreimaligen Lufterneuerung in diesem Raume erwiesen sind, dann ist ein Luftkubus von 11—12 m^3 pro Kopf in einem solchen Lokale als unterste Grenze zulässig.

Es ist dies ein absolutes Mindestmaß und man kann daher Lokalitäten, welche dieser Minimalanforderung nicht einmal entsprechen, von vornherein als vom hygienischen Standpunkt unzulässig bezeichnen.

Doch weiter folgt: wir bezeichneten den dreimaligen Luftwechsel pro Stunde mit Recht als „außerordentlich günstiges Ventilationsverhältnis" und dies darum, weil solch ausgiebiger Luftwechsel für gewöhnlich selten ist und nur durch ausgiebige künstliche Ventilationsanlagen erzielt werden kann.

Wir können annehmen — und Pettenkofer hat dies experimentell und rechnerisch erwiesen (vergl. später natürliche Ventilation) — daß unter sonst nicht ungünstigen Verhältnissen der Luftwechsel ohne künstliche Nachhilfe nur einmal in der Stunde vor sich gehe. Wir können daher Räume, welche ohne künstliche Ventilation den Insassen nicht 32—36 m^3 gewähren, als hygienisch unzulässig bezeichnen.

Aber auch diese Grenze modifiziert sich in Rücksicht auf unsere Prämissen; wir nahmen die bloße einfache (animale) Existenz der Insassen in Rechnung; in den einzelnen Fällen von verschiedener Beschäftigung, respektive verschiedenem Sichverhalten der Insassen müssen wir daher unsere Ansprüche je nach den hinzukommenden weiteren Quellen der Luftverderbnis verschieden hochspannen, so besonders für die Industrielokalitäten, die uns speziell interessieren. Wir müssen eben sehr weitgehend spezialisieren und den Wert jener Angaben nur dahin verstehen, daß wir unter diesen Grenzen absolut verwerfen, über denselben jedoch erst genau die speziellen Verhältnisse erwägen, ehe wir die Lüftungsverhältnisse für genügend, d. h. die Lokalatmosphäre für entsprechend erklären.

In Rücksicht auf die praktischen Bedürfnisse wurden unter Berücksichtigung der speziellen Verhältnisse von einem bestimmten Zwecke gewidmeten Lokalitäten von verschiedenen Autoren Schemata für den Luftbedarf pro Stunde entworfen. Die einzelnen Angaben divergieren nicht unbedeutend.

Nach dem eben Gesagten sind diese „schimmel"artigen Zusammenstellungen — cum grano salis — mit Vorsicht zu verallgemeinern, da spezielle Verhältnisse spezieller Berücksichtigung bedürfen und sich dann auch der klassenweise z. B. „für Krankenhäuser" etc. angegebene Wert in den einzelnen Fällen modifizieren wird. Es bedarf in den einzelnen Fällen des denkenden sachverständigen Beraters, der alle Momente erwägt — man kann nicht nach einem „Schimmel" vorgehen — Es sei die instruktive Zusammenstellung Nowak-Rubners wiedergegeben:

	pro Kopf und Stunde werden gefordert:
Für Krankenkäuser	60 — 100 m^3
Für Epidemiespitäler	150 m^3
Gefängnisse	50 m^3
Werkstätten	60 — 100 m^3
Kasernen	30 — 50 m^3
Theater	40 — 50 m^3
Versammlungsräume	30 — 60 m^3
Schulen für Erwachsene	30 m^3
Schulen für Kinder	12 — 15 m^3

Rietschels Zusammenstellung enthält bedeutend geringere Anforderungen. Wir sehen aus der Tabelle, daß dort, wo es sich mehr oder weniger nur um die Verunreinigung der Luft von Räumen bloß durch die einfache Existenz von Menschen handelt, die Anforderung Rubners vom Minimalwerte 32 — 38 m^3 pro Kopf und Stunde nur verhältnismäßig wenig abweicht. So in Gefängnissen, Kasernen, Theatern, Versammlungsräumen; für Schulen ist die Forderung auch bei Erwachsenen in Rücksicht auf den meist vorübergehenden Aufenthalt (Kollegien) herabgesetzt; bei Kindern kommt in Rücksicht auf die um mehr als die Hälfte verminderte Kohlensäureproduktion per Kopf (nur zirka 10 l gegen 23 l des Erwachsenen) bloß 12 — 15 m^3 in Anschlag. Die Werkstätten, Spitäler und besonders Epidemiespitäler brauchen in Rücksicht auf ihre besonders gefährlichen und ausgiebigen Luftverunreinigungsquellen ganz bedeutend erhöhte Luftquantitäten pro Kopf und Stunde.

Vom Luftwechsel. Die das Lüftungsquantum (den Lüftungskoeffizienten) bestimmenden Faktoren.

Es steht fest, daß bei der nunmehr klargestellten und bestimmten Größe des dargebotenen Luftraumes Q eine bestimmte Höhe des Koeffizienten m garantiert, d. h. eine gewisse Häufig-

keit des Luftwechsels (nach Q gemessen) in der Zeiteinheit verbürgt sein müsse.

Wir erwähnten die Tatsache, daß von Natur aus — ohne künstliche Nachhilfe — die Luft in den Räumen sich ungefähr einmal erneuere, daß also die natürlichen Verhältnisse im allgemeinen $m = 1$ garantieren.

Damit ist das Faktum berührt, daß man eine natürliche und eine künstliche Lufterneuerung in den Räumen zwangslos und scharf auseinander halten könne. Wir gelangen zu der genauen Begriffsbestimmung für diese beiden Ventilationsarten.

Es gibt eine natürliche Lüftung der Räume, ja noch mehr, es gibt keine absolut unventilierten Räume. Wir können mit diesem Faktor bei der technischen Durchführung künstlicher Ventilationsanlagen rechnen, weil, wie wir sehen werden, wir diesen Lüftungsanteil bestimmen und berechnen können.

Wir müssen uns mit den wichtigsten Tatsachen der natürlichen Ventilation und deren Verhältnis zur künstlichen Lüftung vertraut machen, um bei der Anlage und technischen Durchführung von Lüftungsanlagen rationell vorgehen zu können.

Die Ursache zu diesem „natürlichen" Luftaustausche ist die Druckdifferenz zwischen der Lokalluft und der Außenluft und zwar infolge der differenten Temperatur (teilweise auch infolge des Winddruckes). Ermöglicht, respektive verwirklicht wird ein solcher Luftwechsel ohne künstliche Nachhilfe einerseits durch die zahlreichen Fugen und Undichtigkeiten der Lokalwandungen, anderseits und hauptsächlich vermöge der Durchgängigkeit des Wandungs- und Bodenmateriales für Luft. Dieser Ventilationsanteil ist die Porenventilation. Die Tatsache der Porenventilation war zu beweisen. Es wurden alle Ritzen, Fugen etc. eines Lokales mit impermeablen Papiere verklebt: der Effekt der natürlichen Ventilation blieb zu drei Vierteln erhalten.

Man ging daran der Sache näher zu treten, es wurde die Durchlässigkeit der einzelnen Materialien experimentell bei manometrisch bestimmten Drucke festgestellt. Es fanden sich — wie vorauszusehen — bedeutende Differenzen: Man denke sich ein m_3 Materiale in Würfelform. Vier Seitenflächen sind undurchlässig gedacht und nur zwei vis-à-vis befindliche Flächen durchlässig und auf diese drücke ein Luftstrom mit dem Überdrucke von 1 *mm* Wasserhöhe, dann nennt man diejenige Luftmenge in m^3, welche per Stunde durchtritt, die Durchlässigkeit D, es ergeben sich für $1000\,D$ die Werte der Reihe nach (Lang):

für Kalktuff	7·9
für Fichtenholz zirka	1·0
für Ziegel bis zirka	0·4
für Beton	0·2
für Zement	0·1
für Sandstein	0·1
für Gips zirka	0·05

Wodurch das Verhältnis der Durchlässigkeit der Baumaterialien veranschaulicht wird.

Es ist nach dem Verhalten der Materialien daher zu bedenken, daß die Wände eine geringere Durchgängigkeit haben werden als die Decken, respektive die Böden, welch letztere aus Holz mit ausgiebigen Fugen und dem porösen Zwischendecken-, respektive Zwischenbodenmateriale (Sand, Bauschutt, Asche, Kohlenstaub u. a.) bestehen.

Wenn man die Durchgängigkeit der Wände quantitativ prüft, stellt sich heraus, daß bei der verhältnismäßig geringen Durchlässigkeit von Stein- oder Ziegelwänden selbst bei 3 *kg* Winddruck einem Zimmer von zirka 14 m^3 Außenwand kaum 2 m^3 Luft per Stunde zugeführt werden (Berechnung Flügges) und dies bei sonst günstigen Verhältnissen (entsprechend durchlässiger Anstrich, entsprechend geringe Mauerfeuchtigkeit). Der Überdruck, den geringe Temperaturdifferenzen erzeugen, kann hier nicht viel ausrichten.

Die natürliche Ventilation vollzieht sich hauptsächlich durch die Decken, respektive Böden in vertikaler Richtung, was ja bei dem Streben der warmen Luft nach oben und raschen Aufsteigen derselben, respektive beim Niedersinken kalter Luft begreiflich ist. Es wurde dies auch experimentell festgestellt. Ist die Lokaltemperatur höher als die Außenluft — und damit hat man wohl meist zu rechnen — dann zieht dieser Ventilationsstrom von unten nach oben; in entgegengesetzter Richtung bewegt er sich, wenn es draußen wärmer ist als darinnen.

An den seitlichen Wandungen ist der maßgebende Überdruck weit geringer.

Ziehen wir den gewöhnlichen Typus: innen warm, außen kalt in Betracht. Im Innern befinden sich die Wärmequellen, welche die Luft leichter und aufstrebend machen.

Die Luft wird in die unteren Teile des Raumes (Fußboden und untere, dem Boden nähere Partien der Seitenwände) hineinstreben und oben (durch Decke und obere, der Decke näher liegende Partien der Wände) hinausstreben.

Der Hauptluftstrom, der sich in der vertikalen Richtung bewegt, saugt gleichsam an den unteren Partien des Lokales, während er die oberen Partien drückt. Die eine der beiden schematischen Figuren (Fig. 4) zeigt die Richtung der durch Boden und untere Wandpartien eindringenden und durch die Decke und durch die oberen Wandpartien entweichenden Luft.

Der Druck der Luft auf die Wände, oben im Sinne des „heraus", unten im Sinne des „hinein" wirkend, muß demnach gegen die Mitte zu abnehmen, wie es uns in Fig. 3 die abnehmende Länge der Pfeile andeutet. Aus dieser einfachen Betrachtung ist ersichtlich, daß zwischen den beiden antagonistischen kapillaren Luftströmungen, welche sich durch die Seitenwände des Lokales vollziehen, der die Seitenwand treffende Überdruck gleich Null sein muß. Es gibt zwischen

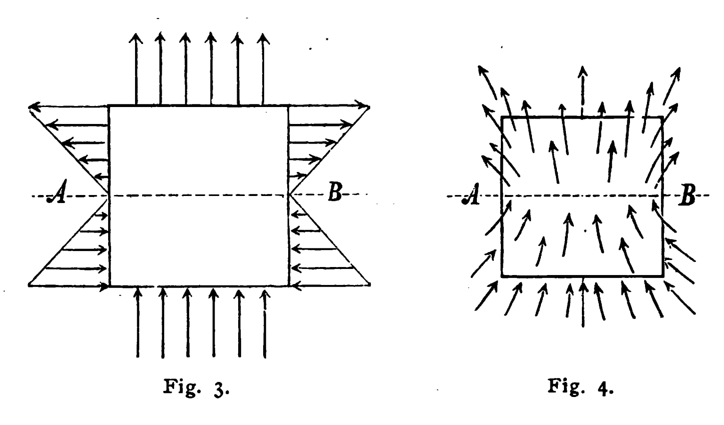


Fig. 3. Fig. 4.

beiden Ventilationsrichtungen eine „neutrale Zone" *AB*, einen Gürtel der Seitenwandung, welcher unter keinem Drucke steht. Von da aus wächst die Stärke des Überdruckes nach unten und nach oben gleichmäßig, doch wirkt er oben und unten in entgegengesetzter Richtung. Bei gleichmäßiger Durchlässigkeit der Seitenwandung liegt die neutrale Zone genau in der Mitte, sie halbiert das Lokale. Sie verschiebt sich, sobald ein Teil der Seitenwand durchlässiger ist oder wenn dem Durchströmen durch eine Öffnung in der Seitenwand freier Lauf geschaffen wird. Die weitere Erörterung dieser Verhältnisse führt uns auf das Gebiet der künstlichen Ventilation, welcher wir uns später widmen werden. Recknagel schuf sich ein Modell, das die beschriebenen Verhältnisse des Wanddruckes in geistreicher Weise anschaulich macht. Es ist ein Kasten (Fig. 5) mit Papierwänden. Das Papier ist locker, nicht gespannt. Wird im Innern des Kastens am Boden eine Flamme (Bunsenbrenner) angezündet,

dann bauscht sich der obere Teil der Seitenwandung und die Decke nach außen auf, während der Boden und die unteren Seitenteile nach innen sich kuppelförmig aufblähen. Im Bereiche der unteren Partien kann man an einem seitlichen Loche Zug nach einwärts (mittels Fähnchens oder Lichtes) konstatieren, ein Ventilationsloch in den oberen Partien zeigt die umgekehrten Verhältnisse. An einer in der Mitte angebrachten Seitenöffnung erkennt man das Bereich der neutralen Zone hier herrscht Gleichgewicht, weder Zug nach außen, noch nach innen.

Außer dieser gelungenen Veranschaulichung haben wir Recknagel — wie wir hören werden (siehe S. 44) — auch ein Instrument zu danken, welches die praktische Konstatierung dieser Verhältnisse in Wohn- und Versammlungsräumen möglich macht; auf die so erzielten Beobachtungen wurde dann vom Erfinder eine Reihe fruchtbarer Berechnungen basiert.

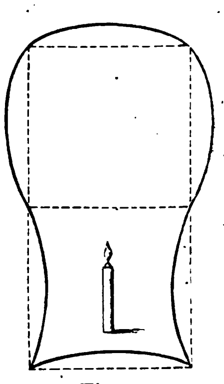


Fig. 5.
Recknagels Papierkastenmodell (schematisch).

Wir verfolgen den eingeschlagenen Gedankengang in seiner logischen Entwicklung weiter. Die Tatsache des Bestandes einer natürlichen Ventilation ist erwiesen und ihre Wirkungsweise klargelegt.

Was ist künstliche Ventilation? Dies ist jede Art des Luftwechsels, welche sich nicht in der beschriebenen spontanen Weise nämlich ohne künstliche Nachhilfe vollzieht, welche demnach eines Kunstmittels oder mehrerer solcher Mittel bedarf, um effektuiert zu werden.

Haben wir es mit einer gemischten aus natürlicher und künstlicher Ventilation zusammengesetzten Luftzufuhr zu tun, dann zerlegt sich die Größe mQ in zwei Summanden mit verschiedenen Koeffizienten:

$$V = mQ = \mu Q + \mu_1 Q$$

μ ist der Selbstlüftungskoeffizient, μ_1 der Koeffizient der künstlichen Lüftung, welcher μ auf das erforderliche m bei feststehender Größe von Q ergänzen muß.

$\mu_1 Q$ das Erfordernis an künstlicher Lüftung wird gleich Null werden, wenn $m = \mu$ wird; wenn die natürliche Ventilation allein genügt, um bei dem Luftraume Q den entsprechenden Koeffizienten m zu erzeugen, dann bedarf es keiner künstlichen Lüftung — wir brauchen keine künstlichen Ven-

tilationsanlagen anzubringen — es wäre dies vergeudete Mühe und vergeudetes Geld.

Hieraus sieht man, wie in Ventilationsfragen speziell nicht blind vorgegangen, d. h. darauf loskonstruiert werden kann und wie hier die praktische Durchführung unbedingt auf korrekter theoretischer Forschung aufgebaut sein muß, um nicht vollkommen illusorisch, ja absurd und unrationell zu werden.

Ich glaube und hoffe die Gedankenreihe vollkommen logisch ausgesponnen zu haben und den Leser auf diesem staffelweise ohne Seitensprünge emporführenden Weg zu den nun zu diskutierenden theoretischen Schlußfragen geleitet zu haben. Um die etwas trockene theoretische Erörterung möglichst einfach zu gestalten, ließen wir alles, was zum Weiteraufbaue nicht unbedingt nötig war, beiseite.

Die nun zu erörternden Schlußprobleme greifen entscheidend in die Praxis der Ventilation ein — wie wir bereits andeuteten. Darum müssen wir hier etwas länger verweilen.

Die wichtige Frage, ob in einem gegebenen Falle die natürliche Ventilation genügt, führt zur Notwendigkeit der genauen Ermittlung des Effektes der Ventilation, zur Bestimmung des Lüftungskoeffizienten im allgemeinen und zur Feststellung der Größe des Selbstlüftungskoeffizienten im speziellen.

Ermittlung des Ventilationskoeffizienten.

Die Prämisse, die Voraussetzung ist hier, daß der Luftbedarf V und die Größe Q nach den erörterten Prinzipien festgestellt ist; d. h. daß es feststeht, wie viel Luftvolum in einer bestimmten Zeiteinheit überhaupt erforderlich ist und wie viel hiervon vom Luftkubus zu bestreiten ist. In den Formeln

$$V = m\,Q$$

beziehungsweise

$$V = \mu\,Q + \mu_1\,Q$$

sind die Koeffizienten jetzt unsere Unbekannten.

Mit Berücksichtigung der praktischen Verhältnisse frägt es sich:

1. Ob die künstliche Lüftung gegebenen Falles notwendig, respektive die natürliche Lüftung genügend ist, wenn künstliche Ventilationsanlagen nicht bestehen.

2. Wenn dagegen künstliche Ventilationsvorrichtungen angebracht sind, ob diese mit Berücksichtigung, respektive in Ergänzung des Effektes der natürlichen Ventilation genügen.

Im letzteren Falle müssen wir auch die Tüchtigkeit der künstlichen Ventilation allein kennen, um diese dann nach Ermittlung des Gesamtlüftungskoeffizienten in Abzug bringen zu können.

Den Effekt der künstlichen Ventilation für sich zu berechnen ist unschwer. Sie beruht auf der Arbeit und Leistung vom berechnenden Techniker konstruierter Apparate. Wir werden die Hilfsmittel im anschließenden Teile unserer Ausführungen als „Technik in der Ventilation" kennen lernen und deren Effekt bei den einzelnen Apparaten besonders zu erwägen, respektive die rechnerische Ermittlung auszuführen haben. Unserm Ausdruck „unschwer" gebe hier ein kleines Beispiel die Berechtigung. Man mißt die Größe der Durchschnittsfläche des Ventilationskanales, man ermittelt die Geschwindigkeit der durchströmenden Luft und die Größen zur einfachen Berechnung der Leistung sind gegeben. Es geht allerdings auch hier nicht immer so leicht. — Doch ganz andere rechnerische Schwierigkeiten bietet das Kalkul bei Ermittlung des natürlichen Ventilationseffektes. Wir sehen uns hier unausweichlich auf das Gebiet der „höheren Analyse" der „höheren Mathematik" verschlagen. Doch diese Erwägungen können nicht erspart bleiben, wenn wir Vollständiges, Ganzes bieten und unsere Erörterungen nicht auf das Niveau populär gehaltener Fragmente herabsinken lassen wollen. — Wie wir aus der Aufstellung unserer Fragethesen sehen, tritt uns die Frage nach dem Wirkungsgrade der natürlichen Ventilation bei der Lösung jeder Lüftungsfrage entgegen. Es wäre unpraktisch und unrationell, mit diesem Faktor nicht zu rechnen.

Der von der natürlichen Lüftung abhängige Anteil des Lüftungskoeffizienten, der „Selbstlüftungskoeffizient μ" ist von viel zu viel heterogenen Faktoren bestimmt, als daß man ihn aus diesen Faktoren gleichsam summierend direkte berechnen könnte. Überdies sind diese Einflüsse durchaus inkonstanter Natur. Dieser direkte und gleichsam natürliche Weg läßt sich daher nicht einschlagen, wenn er auch der einzige wäre, welcher uns zu der Aufstellung einer generalisierbaren Berechnung der natürlichen Ventilation führen könnte, d. i. zu einer „Ventilationsformel", die für die Berechnung des Effektes der natürlichen Lüftung überhaupt gelten würde. Dies wäre z. B. möglich, wenn der Selbstlüftungskoeffizient nur von einer sich nach bestimmten physikalischen Grundsätzen richtenden Art der Ventilation abhängig gedacht würde, wie etwa von der kapillaren Durchdringlichkeit der Wandungen, respektive von der Porenventilation allein.

Doch dem ist nicht so. Zur Porenventilation, für welchen Vorgang sich allerdings ein allgemein maßgebendes physikalisches Prinzip aufstellen ließe, kommt die Ritzen- und Fugenventilation als ganz inkonstanter und ungesetzmäßiger Faktor; sie spielt eine entscheidende Rolle, da sie ohne besonderen Widerstand, ähnlich wie durch Lüftungskanäle vor sich geht.

Die natürliche Ventilation ist eine naturwissenschaftliche Tatsache, welche jedoch eine Abstraktion von den individuellen, den einzelnen Fall charakterisierenden Verhältnissen nicht zuläßt — ein theoretisches Naturgesetz läßt sich hier nicht ableiten.

Wir müssen also individualisieren; wir müssen in jedem Einzelnfall einen Versuch, ein Experiment vornehmen, um indirekt das zu erkunden, was direkt zu erforschen uns durch den Mangel an Methoden und den Mangel an Gesetzmäßigkeit unmöglich ist.

Auf der Suche nach einem praktischen Hilfsmittel bei der experimentellen Erforschung des Leistungseffektes der natürlichen Ventilation im Einzelnfalle erinnerte sich Pettenkofer wieder seines Indikators: der Kohlensäure. Dieser Forscher ruhte nicht eher, als bis am Abende seines tatenreichen Lebens der feste theoretische Grund zu den Ventilationsfragen gelegt war; um 1850 hatte sein unermüdlich reger Geist sich der Durchforschung dieses Gebietes — einer terra incognita — zugewendet und als sein Leben zur Neige ging (1902), sah er auf den von ihm gelegten Fundamenten das gewaltige Gebäude der modernen Ausgestaltung der Ventilationstechnik stehen. — In der folgenden Methode hat der Erfinder den Indikator die Kohlensäure, gleichsam als Erkennungszeichen gebraucht: er mischte der Binnenluft Kohlensäure bei, etwa wie man einer Flüssigkeit einen Farbstoff beimischt, um aus der Abnahme der Quantität des Indikators dann den Ersatz des Mediums durch frische Mediumquantitäten erschließen zu können.

Methode Pettenkofer-Seidel-Hagenbach und Jakobi zur Ermittlung des Selbstlüftungskoeffizienten.

Die Veränderung der Qualität der Binnenluft durch den Luftwechsel ist der Veränderung der in ihr enthaltenen ganz gleich verteilten (und bei einer Beeinflussung der Qualität sofort sich wieder gleich verteilenden) Beimengungen gasiger Natur proportional; was ja natürlich ist unter der Voraussetzung, daß die Zusammensetzung aller kleinsten Teilchen gleich ist, d. i. die gasige Beimengung jedes beliebige Teil-

chen in gleicher, der Zusammensetzung des ganzen Gemisches proportionaler Weise betrifft.

Beim Luftwechsel werden Luftpartikelchen zugeführt und abgeführt; sagen wir nun die gasige gleichverteilte Beimengung wäre Kohlensäure, dann nimmt jedes Partikelchen Luft eine bestimmte Kohlensäuremenge mit hinaus (respektive auch mit hinein). Die Menge der Kohlensäure, die abgeführt wurde, verhält sich nun zum Gesamtgehalte der Binnenluft an Kohlensäure wie die Menge der abgeführten Luft zu der Gesamtquantität der Binnenluft und dies infolge der gleichen Verteilung der Kohlensäure. — Wenn die Luftbeschaffenheit im Innern eines Lokales eine andere ist als die Qualität der Außenluft, dann drückt sich die Tüchtigkeit der natürlichen Ventilation durch die Schnelligkeit, mit welcher sich die Veränderung der Qualität der Binnenluft vollzieht, aus; diese Veränderung geht natürlich in dem Sinne vor sich, daß sich die abnorme Qualität der Binnenluft der normalen Beschaffenheit der Außenluft nähert. Der Effekt der natürlichen Ventilation ist aus der Geschwindigkeit des Ausgleiches zwischen Außenluft und Binnenluft bei differenter Qualität derselben zu erschließen. Bedingung ist, daß bei dem Vergleiche nur in der Binnenluft gleichmäßig verteilte (gasförmige) Beimengungen in Rechnung gezogen werden. Unter dieser Voraussetzung können wir nach dem vorher Gesagten eine jede derartige gleichmäßig verteilte Ingredienz der Binnenluft als Indikator, als Anzeiger der Veränderung, verwerten.

Es steht uns demnach frei, zu diesem Zwecke eine Ingredienz zu wählen, die uns dadurch bequem ist, daß ihr quantitativer Nachweis leicht ist und daß wir sie auch leicht in einer beliebigen, gegebenenfalls auch von vornherein aus der Beschaffenheit der Erzeugungsquellen bestimmbaren Quantität erzeugen können. Ferner steht es frei, den Unterschied der Binnenluft und Außenluft möglichst kraß und in die Augen springend zu machen, indem der Binnenluft große Quantitäten unserer Ingredienz beigemischt werden. Dies geschieht mit Vorteil deshalb, weil wir den Vollzug des Ausgleiches mit großen Gehaltswerten rechnend viel leichter beobachten und rechnerisch zum Ausdruck bringen können; ein weiterer Vorteil liegt darin, daß bei hohen Werten die Fehlerquellen relativ verkleinert werden; und — wie wir sehen werden — bei der praktischen Durchführung des Experimentes lassen sich gewisse Fehlerquellen nicht vermeiden, dies liegt in der Natur der Sache, in der Natur eines Experimentes im großen. — Die an

die „Ingredienz" gestellte Anforderung der „bequemen" Handhabung im erklärten Sinne wird von der Kohlensäure in vollkommen entsprechender Weise erfüllt. Sie ist überhaupt leicht, auch in bestimmten Quanten leicht zu erzeugen — sie ist auch leicht quantitativ nachzuweisen. Wir erzeugen also große Quantitäten Kohlensäure und mischen sie der Binnenluft bei; Bedingung ist die gleiche Verteilung dieser Beimengung im Raume; aus diesem Grunde ist die Art der gewählten Erzeugungsmethode nicht gleichgiltig; es ist erwiesen, daß die Erzeugung von Kohlensäure durch Reaktion von Chemikalien aufeinander (kohlensaurer Salze und Säuren) keine genügende homogene Mischung zustande bringt. Als Kohlensäurequelle eignet sich die animale Atmung (zahlreiche Menschen oder Tiere), vor allem aber ein Verbrennungsvorgang im engeren Sinne, wobei jedoch zahlreiche Kohlensäurequellen, zahlreiche im Raume verteilte Flammen aufzustellen, respektive anzuzünden sind. Es eignen sich Gasflammen (leuchtende Schmetterlingsbrenner oder Bunsenbrenner) oder auch Kerzen. Die gleichmäßige Mischung in den beiden angeführten Fällen (Erzeugung durch animale Atmung oder durch Flammen) wird, abgesehen von der verteilten Aufstellung zahlreicher Kohlensäurequellen im Raume durch die Allmählichkeit der Erzeugung, welche Zeit zur Mischung gewährt, garantiert; doch wird in beiden Fällen die Mischung entschieden auch durch die gleichzeitige Erzeugung von Wärme und durch die dadurch hervorgerufenen Luftströmungen gefördert.

Wir sind den Spuren des Denkers gefolgt, um die Anordnung des Experimentes zu begründen.

Wir greifen nochmals auf unser früher gewähltes bildliches Gleichnis zurück, um uns den Weg zur Berechnung zu erleichtern. Es ist der anschauliche Vergleich der der Luft beigemengten Kohlensäure mit einem einer Flüssigkeit zugesetzten und in ihr verteilten Farbstoffe. Gedenken wir des bekannten physikalischen Experimentes, das zur Veranschaulichung des Diffusionsvorganges durch ein Diaphragma dient. Die eine der beiden Flüssigkeiten, welche durch das Diaphragma geschieden werden, ist gefärbt. Die ungefärbte Flüssigkeit sucht den Farbstoff aus der gefärbten gleichsam herauszuwaschen, was um so mächtiger erfolgt, weil wir analog uns denken müssen, daß die auswaschende ungefärbte Flüssigkeit gleich der Außenluft stets erneuert wird. Überdies tritt die Komplikation hinzu, daß auch das auswaschende Medium in unserem Falle geringe Quantitäten des Indikators enthält, mit welchen wir rechnen müssen. Eine jede kleinste Quantität

von Außenluft, welche hereintritt, bringt eben auch Kohlensäure, die sie von Natur aus enthält, mit sich. Wir haben mit der Differenz zu rechnen; wegen der Stetigkeit des ganzen Austausches jedoch verläßt uns bei der Stetigkeit der Mischung im kleinsten Zeitteilchen, hier bei der Durchführung der Berechnung, das Kalkul der gewöhnlichen Rechnungsarten.

Bei der praktischen Durchführung können zwei Wege eingeschlagen werden. Man kann die Abnahme eines bestimmten, im zu untersuchenden Lokale erzeugten hohen Kohlensäuregehaltes in einer bestimmten Zeit (der Zeiteinheit) zur Grundlage der Berechnung nehmen. Man unterbricht in diesem Falle am Anfange der Beobachtungszeit die Kohlensäureproduktion. Im anderen Falle läßt man die Kohlensäureproduktion stetig fortlaufen und wählt während dieser Produktionszeit eine Beobachtungszeit, welche mit dem Einsetzen der künstlichen Kohlensäureprdduktion beginnt. Am Anfange und am Ende der fixierten Beobachtungszeit werden Kohlensäurebestimmungen vorgenommen. Die Menge der produzierten CO_2 muß jedoch bei dieser Methode bekannt sein. Um dies zu ermöglichen, müssen gewogene, auf ihre CO_2-Produktion (pro Gewicht) geaichte Kerzen verwendet werden, welche man nach Schluß der Beobachtung sofort verlöscht und wieder wiegt. Verweilt man, um Fehlerquellen durch das Türöffnen zu vemeiden, während der Beobachtungszeit mit im Raume, dann muß man die eigene Kohlensäureproduktion mit in Anschlag bringen.

Da wir die ersterwähnte Methode, deren Kalkul mehr Interesse bietet, dem Leser erschöpfend vorführen wollen, beschränken wir uns hier auf die Anführung der von Hagenbach berechneten Formel nach Flügges Angaben.

$$\text{I a)} \quad . \; . \; . \; . \; . \quad TU = log.\,nat. \frac{K_1 - K - \frac{mq}{v}}{K_2 - K - \frac{mq}{v}}$$

und zwar bedeutet:

U = der Ventilationskoeffizient (Selbstlüftungskoeffizient),
T = die Beobachtungszeit in Zeiteinheiten,
K_1 = am Beginn der Beobachtungszeit im m^3 nachgewiesener CO_2-Gehalt,
K_2 = am Ende der Beobachtungen im m^3 nachgewiesener CO_2-Gehalt,
K = für die Außenluft im m^3 nachgewiesener CO_2-Gehalt,
q = die Produktion einer CO_2-Quelle,

$m =$ die Zahl der CO_2-Quellen,
$V =$ die Menge der in der Zeiteinheit eintretenden frischen Luft.

Zur Berechnung der beiden Unbekannten U und V kommt die bekannte Relation

$$\text{Ib)} \quad U = \frac{V}{Q}$$

zuhilfe, worin Q den Luftraum des Lokales bedeutet.

Eine einfachere Formel für die Berechnung einer nach demselben Methodenprinzipe ausgeführten Bestimmung hat Jakobi angegeben (von Lehmann umgeformt)

$$\text{II)} \quad v = \frac{Tm - (K_2 - K_1)\,Q}{T(p - k)}$$

worin bedeutet:

$v =$ Luftvolum, das in der Zeiteinheit (Stunde) hinzugetreten (in m^3),
$Q =$ Luftraum des zu untersuchenden Raumes in m^3,
$m =$ produzierte CO_2-Menge in m^3; ferner ist K_1 K_2 K T gleichbedeutend wie bei Hagenbach,
$p =$ der mittlere Kohlensäuregehalt der Zimmerluft während des Versuches.

Diese Methode verlangt also eine Reihe stetiger Kohlensäurebestimmungen während des Versuches, um p ermitteln zu können. Überdies ist auch die genaue Kenntnis von m, daher die Kohlensäureentwicklung durch genau gewogene Kerzen, die nach dem Versuche wieder gewogen werden, nötig, wozu die CO_2-Produktion des Experimentators zuzuschlagen ist.

Wir wenden uns der Ausführung des interessanten rechnerischen Kalkuls der Schwestermethode Pettenkofer-Seidel, d. i. der Entwicklung von „Seidels Formel" zu.

Das Prinzip wurde oben (Seite 36) angedeutet; die Ausführung ist folgende: In dem zu untersuchenden Lokale wird durch Anzünden von Gas- und Kerzenflammen, ferner auch gegebenen Falls durch Versammlung vieler Menschen ein möglichst hoher Kohlensäuregehalt in der Atmosphäre erzeugt. Die Erzeugung dann plötzlich unterbrochen, die erste Feststellung des CO_2-Gehaltes in bekannter Weise (siehe Seite 10) vorgenommen; nun wird das Lokale in gewohnter, respektive üblicher Weise versperrt, sich selbst überlassen und nach einer geraumen Beobachtungszeit (Zeiteinheit, Stunde) die zweite Feststellung des CO_2-Gehaltes durchgeführt. Ein nicht zu unterschätzender Vorteil dieser Methode ist, daß man auf die absolute Menge der produzierten Kohlensäure keine Rücksicht zu nehmen braucht, was das Experimentieren vereinfacht.

Die erste Kohlensäurebestimmung ergibt p_1 Kohlensäure im m^3 am Anfange der Beobachtungszeit T, die zweite Kohlensäurebestimmung (am Ende von T) ergibt den weit geringeren Wert p_2, ist Q der Inhalt des Zimmers in m^3 wie bisher, dann ist die Gesamtabnahme der CO_2 im Lokale, während T gleich $Qp_1 - Qp_2 = Q\ (p_1 - p_2)$.

Wie ist diese Abnahme zustande gekommen? Durch ein stetiges Abströmen von Kohlensäure und eine stetige Verdünnung des Kohlensäuregehaltes des Binnenraumes durch einströmende Luft, die allerdings auch einen Kohlensäuregehalt, u. zw. a im m^3, mit sich bringt. Wir müssen, um rechnen zu können, die Werte p_1 und p_2 einander nähern. Wir denken uns die Beobachtungszeit eingeengt; eingeengt bis sie unendlich klein wird und bezeichnen diese unendlich kleine Zeitspanne mit dt.

Bei einer unendlich kurzen Beobachtungszeit wird p_1 von p_2 nicht zu unterscheiden sein, die Differenz wird unendlich klein sein und schwinden, so daß an ihre Stelle ein Ausdruck wie dp treten kann. Dieses dp bezeichnet die Veränderung des Kohlensäuregehaltes für die Maßeinheit (m^3) in unendlich kleiner Zeit und wird daher diese Veränderung auf das ganze Lokale bezogen Qdp betragen. Diese Veränderung ist durch Einströmen des Quantums V Außenluft herbeigeführt, welche einen Kohlensäuregehalt von a im m^3 aufweist; bezogen auf die verschwindend kleine Zeit dt ist $Vadt$ Kohlensäure (während dt) hereingeraten. Gleichzeitig ist $Vpdt$ Kohlensäure ausgeströmt; p ist nämlich der Näherungswert, mit welchen wir rechnen können, an Stelle der differenten Ausdrucke p_1 und p_2, deren Differenz unendlich klein, nämlich $d(p_1 - p_2) = dp$ geworden ist. Die Differenz für die unendlich kleine Zeit dt im ganzen Raume stellt sich demnach dar als:

$$Qdp = +Vadt - Vpdt$$

Hiermit ist die fragliche Unbekannte $x = V$ eingeführt. Der Ausdruck $+Vadt$ trägt das positive Vorzeichen, weil er die zugeführte Quantität den Kohlensäurezuschuß bezeichnet, während $-Vpdt$ den Verlust an CO_2 darstellt. Wir rechnen weiter, um einen integrablen Ausdruck zu erhalten:

$$Qdp = Vadt - Vp\,dt$$

$$Qdp = Vdt\,(a - p)$$

$$-Qdp = Vdt\,(p - a)$$

$$-dp = \frac{V}{Q}dt\,(p - a)$$

$$-\frac{dp}{p - a} = \frac{V}{Q}dt.$$

Es erfolgt die Integration; d. h. man läßt die Größe *dt*, welche unendlich klein geworden, sich auf ihre alte Gestalt *T* (ganze Beobachtungszeit) ausdehnen, wodurch auch die andere Hälfte des Ausdruckes eine neue Gestalt annimmt, in welcher die Werte p_1 und p_2 wiedererscheinen, während die unendlich kleine Differenz *dp* schwindet. Mathematisch angezeigt

$$-\int_{p_1}^{p_2} \frac{dp}{p-a} = \frac{V}{Q} T$$

woraus für die linke Seite folgt

$$\log nat \frac{p_1 - a}{p_2 - a} = \frac{VT}{Q}$$

daher

$$V = \frac{Q}{T} \log nat \frac{p_1 - a}{p_2 - a};$$

war $T =$ die Zeiteinheit (Stunde), dann ist $T = 1$ folglich

$$V = Q \log nat \frac{p_1 - a}{p_2 - a}$$

durch Multiplikation des Ausdruckes mit dem Koeffizienten 2, 303 verwandeln wir den *log nat* in den gewöhnlichen *log*, wodurch der Gebrauch der Logarithmentafeln möglich wird; es ist demnach

III) . . . . . $x = V = 2{\cdot}303\, Q \log \frac{p_1 - a}{p_2 - a}$

das Endresultat; eine bequeme einfache Formel. Nochmals resumiert, bedeutet in derselben:

$V =$ das gesuchte in der Zeiteinheit (Stunde) eindringende Luftquantum, wobei die Zeiteinheit = der Versuchszeit (z. B. Stunde) angenommen wird,

$Q =$ den Luftraum des untersuchten Lokales in Kubikmetern,

$p_1 =$ den Kohlensäuregehalt der Lokalluft am Beginne des Versuches im Kubikmeter Luft,

$p_2 =$ den Kohlensäuregehalt der Lokalluft am Ende des Versuches im Kubikmeter Luft,

$a =$ den Kohlensäuregehalt der Außenluft pro Kubikmeter.

Zur Bestimmung der Größe der natürlichen Ventilation nach dieser Pettenkofer-Seidelschen Formel genügen demnach im ganzen drei Kohlensäurebestimmungen mit Pettenkofers Flaschenmethode; bei bekannter Größe des Lokales ist weiter keine Bestimmung nötig, da die absolute Menge der produzierten CO_2 gleichgiltig ist.

Die Formel Pettenkofer-Seidel (III) zeichnet sich gegen Jakobi (II) und besonders gegen Hagenbach (I) durch außerordentliche Einfachheit aus. Das Experimentieren zur Erkundung der Größen der Gleichung III ist, wie erwähnt, leicht und auch die Berechnung nach dieser Gleichung gestaltet sich sehr einfach und stellt keinerlei Anforderungen außer das Vertrautsein mit den Logarithmentafeln. Ein Beispiel möge dies zeigen:

Für ein Zimmer von $Q = 100\,m^3$ Inhalt sei nachgewiesen worden:

$p_1 = 0{\cdot}00849$ ($8{\cdot}49\,^0/_{00}$ CO_2-Gehalt am Beginne des Versuches),
$p_2 = 0{\cdot}00713$ ($7{\cdot}13\,^0/_{00}$ CO_2-Gehalt nach einer Stunde),
$a = 0{\cdot}0004$ ($0{\cdot}4\,^0/_{00}$ CO_2-Gehalt der Außenluft).

Dann ist

$$x = V = 2{\cdot}303\,.\,100\,.\,log\,\frac{0{\cdot}00849 - 0{\cdot}0004}{0{\cdot}00714 - 0{\cdot}0004}$$

$$V = 230{\cdot}3\,.\,log\,\frac{0{\cdot}00809}{0{\cdot}00674}$$

$$V = 230{\cdot}3\,.\,log\,\frac{809}{674} = 230{\cdot}3\,.\,log\,1{\cdot}20$$

$$V = 230{\cdot}3 \times 0{\cdot}079.$$

$V = 18{\cdot}19\,m^3$ Frischluft pro Stunde werden durch die natürliche Ventilation hereingeschafft.

Das Zimmerchen hat demnach eine sehr geringe natürliche Ventilation. Folgende praktische Deduktionen aus der ausgeführten Berechnung dürften den Leser besonders interessieren und zugleich den Wert der theoretischen Ableitungen, welche uns eben wegen ihres praktischen Zweckes solange in Anspruch nahmen, deutlich machen.

Wir nehmen an, es wären drei erwachsene Personen in dem Kämmerchen (unter sonst günstigen Verhältnissen, d. h. ohne einer die Qualität der Luft besonders schädigenden Beschäftigung). Nach früheren Darlegungen genügen pro Kopf und Stunde $33{\cdot}3\,m^3$ Luft (siehe Seite 27). Die drei Personen brauchen demnach $100\,m^3$ pro Stunde. Sie benötigen beim Aufenthalte in unserem Lokale eines einmaligen Luftwechsels; der Gesamt-Luftkoeffizient m muß demnach gleich 1 sein.

Wie viel leistet uns der Selbstlüftungskoeffizient μ?

$$V = \mu\,Q$$

$$\mu = \frac{V}{Q} = \frac{18{\cdot}19}{100} = 0{\cdot}18.$$

Nach der Formel (siehe Seite 32)

$$V = m\,Q = \mu\,Q + \mu_1\,Q$$

müssen folglich 0·82 vom Koeffizienten μ_1 der künstlichen Lüftung im vorliegenden Falle geleistet werden, um den Anforderungen zu genügen, denn die Selbstlüftung würde erst in 5—6 Stunden die Luft einmal erneuern.

100 m^3 Luft pro Stunde müssen zugeführt werden, die natürliche Lüftung leistet nur 18 m^3, daher muß eine künstliche Ventilationsanlage mit der Leistung 82 m^3 Luftzufuhr pro Stunde geschaffen werden. Dies ist die Konsequenz. Den Anteil der natürlichen Ventilation zu vernachlässigen, wäre Verschwendung; sich auf die natürliche Ventilation zu verlassen, wäre gefehlt; man muß ihren Effekt daher kennen, d. h. berechnen können.

Die Einfachheit und der Wert der Pettenkofer-Seidelschen Methode ist genügend klargelegt.

Die Fehlerquellen dieser Methode bedürfen der Erwähnung. Die Fehlerquellen sind hier unvermeidlich. Der Experimentator muß entweder das Lokale nach Einleitung des Experimentes, d. h. nach Erzeugung des hohen Kohlensäuregehaltes und der ersten CO_2-Bestimmung, also während der Versuchszeit, verlassen oder muß er darinnen bleiben, in beiden Fällen begeht er einen Fehler. Im ersteren Falle öffnet er die Tür, wenn auch nur auf kurze Zeit und erzeugt einen Luftwechsel, der, da man ja nur die natürliche Ventilation berechnen will, das Resultat beeinträchtigt; bleibt der Experimentator jedoch im Lokale, dann erzeugt er natürlich durch die eigene Existenz einen unerwünschten CO_2-Zuwachs während der Versuchszeit, in welcher streng genommen das Zimmer vollkommen sich selbst überlassen bleiben soll. Die Methode Hagenbach und Jakobi vermeidet diesen Fehler, indem hier die CO_2-Produktion des Experimentators mit in Anschlag gebracht wird (siehe Seite 38). In Anbetracht der erwähnten bedeutenden Vorteile der Rechnung und des Experimentierens nach Pettenkofer-Seidel kann eine so geringfügige Fehlerquelle keine Rolle spielen. Es handelt sich um praktische Zwecke, denen die Theorie dienen soll und da tut man nicht gut, wenn man um Fehlerquellen, die nur die Hundertel beeinflussen, herumrechtet und darob das praktische Ziel aus dem Auge verliert.

Anhang zur Theorie der Lüftung.

Über die Messung von Druckdifferenzen. Recknagels Differentialmanometer.

Auf Seite 28 erklärten wir den natürlichen Ventilationsvorgang aus dem Vorhandensein von Druckdifferenzen. Wir sprachen von Überdruck. Wir leiteten theoretisch ab, auf welche Weise sich das Ventilationsgeschäft in den Wohnräumen vollzieht. Wir erklärten die Annahme des Vorhandenseins einer neutralen Zone für notwendig und orientierten uns über die Lage derselben.

Mit Recht fragt der Leser, ob sich denn diese theoretisch erschlossenen Tatsachen auch faktisch und praktisch erhärten ließen?

In folgendem geben wir die Anwort, welche für den Leser sich insofern interessant gestaltet, als wir die Anwendung eines geistreich erdachten Instrumentes bei der Lösung von Ventilationsfragen hierbei kennen lernen. Diese praktisch-instrumentelle Methode führt uns dann hinüber zu dem technisch praktischen Teil unserer allgemeinen Erörterungen.

Den tatsächlichen Nachweis des Vorhandenseins von Druckdifferenzen zwischen Binnen- und Außenluft, den Nachweis und die Messung der Stärke des Überdruckes der beiden genannten Luftarten gegeneinander, verdanken wir Recknagel.

Recknagel ist es gelungen, durch jenes Modell (Fig. 5) den natürlichen Ventilationsvorgang zu veranschaulichen; er ermöglichte jedoch auch durch die Erfindung eines geistreich erdachten Instrumentes die Kontrolle jener theoretisch abgeleiteten und experimentell veranschaulichten Thesen im Wohnzimmer.

Wenn es sich um die Beobachtung und Feststellung des Überdruckes handelt, welchen Gase, die sich in geschlossenen Gefäßen, Räumen etc. befinden, auf das umgebende Medium ausüben, gelangen Manometer zur Anwendung. Die einfachsten dieser Instrumente sind die nach dem Prinzipe der kommunizierenden Gefäße funktionierenden Flüssigkeits-Manometer. Es sind U-förmige, mit Flüssigkeit gefüllte, graduierte Glasröhren. Die Lage beider Niveaux in einer Horizontalen ist die Gleichgewichtslage. Setzt man nun das Niveau des einen Schenkels dem Drucke des Mediums in dem Gefäße, Behältnisse, Raume aus, das andere Niveau hingegen dem Einflusse des anders gespannten Außenmediums, dann zeigt z. B. eine Niveau-

Differenz von 760 *mm* (wenn Quecksilber als Flüssigkeit in Verwendung war) den Überdruck von einer Atmosphäre an, eine Differenz von 76 *mm* den Überdruck von $\frac{1}{10}$ Atmosphäre etc. Diese Instrumente eignen sich sichtlich nur für mittlere Druckintensitäten. Für hohe Spannungen müssen handlichere Instrumente — wie bekannt — gewählt werden, welche nach anderen Prinzipien funktionieren. Jedoch auch für geringfügige Druckdifferenzen eignen sich so einfache Manometer nicht, insbesondere nicht für so minimale Überdruckintensitäten, wie sie bei den Vorgängen der natürlichen Ventilation in Betracht kommen, so besonders beim Seitendrucke auf die Wände, welcher für die Bestimmung der Lage der neutralen Zone bereits entscheidend wirkt.

Es folgt die Beschreibung des Instrumentes von Recknagel, welches nach den einfachen Prinzipien der Flüssigkeitsmanometer (Prinzip der kommunizierenden Gefäße) funktioniert und doch Druckdifferenzen von 0·01 *mm* Wassersäule (= zirka 0·000073 *mm* Quecksilberdruck) mit Sicherheit abzulesen gestattet — dies ist wohl eine ideale Empfindlichkeit zu nennen. Bezeichnend nennt Recknagel dieses Instrument Differentialmanometer (wohl an die mit unendlich kleinen Größen kalkulierende Differentialrechnung erinnernd).

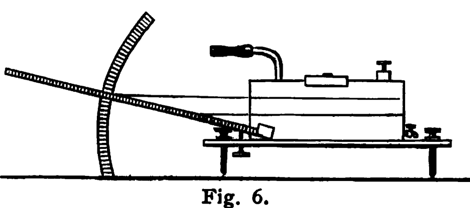


Fig. 6.
Recknagels Differentialmanometer (Schema).

Das Differentialmanometer verdankt seine Empfindlichkeit der total verschiedenen Ausgestaltung der beiden Manometerschenkel: Der eine Schenkel ist ein möglichst dünnes und stark schräg geneigtes, graduiertes Glasrohr, der andere Schenkel ist dagegen ein vertikal gestellter, möglichst weiter Zylinder. Es ist demnach darauf abgesehen, die Ausschläge der Flüssigkeit in dem einen Schenkel möglichst groß zu gestalten; das Flüssigkeitsniveau im breiten Schenkel soll dagegen möglichst unbeweglich, sozusagen unempfindlich sein; damit man die Schwankungen dieses Niveaus vernachlässigen und dasselbe als konstant annehmen könne, was durch Wegfall des Rechnens mit der Differenz beider Niveaus die Ablesung bedeutend vereinfacht.

Als breiter Schenkel dient ein zirka 10—20 *cm* breiter, mit (gefärbtem) Petroleum oder Alkohol gefüllter Metallzylinder,

aus welchem an der Basis jenes enge, graduierte Glasrohr entspringt, welchem man, da es durch ein Scharnier beweglich mit dem Zylinder verbunden ist, eine beliebige Neigung verleihen kann. Der Grad der Neigung ist dann entweder an einem in Winkelgrade eingeteilten Kreisbogen ablesbar (dies gilt für Fig. 6), oder mittels zweier vertikaler Skalen bestimmbar, welche an einem hinter dem beweglichen Arme befindlichen Schirme eingezeichnet sind. Die Schwierigkeit der Ablesung des Instrumentes ist durch die Neigung des beweglichen Armes bedingt, welche die Ablesung an einer schiefen Flüssigkeitssäule notwendig macht. Für den jeweiligen angewendeten Neigungsgrad müssen die wirklichen Werte des Ausschlages im schiefen Manometerarm erst ermittelt werden. Dies kann auf zweierlei Weise geschehen:

1. Der Wert des Ausschlages kann experimentell festgestellt werden, d. h. das Instrument kann für eine bestimmte Neigung des beweglichen Armes geaicht werden. Dies ist bei der Konstruktion nach Fig. 6 notwendig. Der Grad der Neigung wird am Kreisbogen abgelesen, die Neigung je nach Bedarf der Empfindlichkeit (bei voraussichtlich sehr kleinen Druckdifferenzen sehr starke Neigung) gewählt. Man füllt das Petroleum, respektive den Alkohol in die Dose ein, bis er im graduierten engen Schenkel sichtbar ist; dann wird abgelesen; ein Kölbchen mit der Flüssigkeit samt Trichter wird abgewogen; mittels des Trichters nur soviel der gewogenen Flüssigkeitsmenge nachgegossen, bis eben gerade ein deutlicher Ausschlag im engen Schenkel zustande gekommen ist, welcher genau abgelesen und festgestellt wird. Trichter und Kölbchen samt Flüssigkeit werden wieder gewogen. Aus dem Gewicht wird das Volumen (= V) der zugegossenen Flüssigkeitssäule ermittelt. Es verbreitert sich in Form eines niedrigen Zylinders in der Dose, dessen Querschnitt $D = 20\,cm$ angenommen sei und dessen Höhe uns interessiert; sie läßt sich aus $v = r^2 \pi h$ bestimmen; demnach

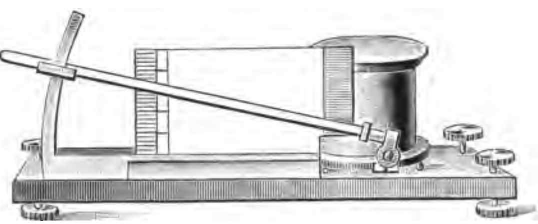


Fig. 7.
Recknagels Differentialmanometer mit direkter Ablesung.

$$h = \frac{v}{r^2 \pi} = \frac{v}{100 \,.\, 3{\cdot}1416} = \frac{v}{314{\cdot}16}.$$

Wenn wir diese Höhe der Alkohol- oder Petroleumsäule auf den usuellen Wasserdruck reduzieren wollen, erfolgt dies nach dem Prinzipe

$$h : h_1 = d_1 : d$$

d. h. die Druckhöhen verhalten sich verkehrt wie die Dichten; nachdem hier $d_1 = 1$ (Dichte des Wassers), so ist die Höhe der entsprechenden Wassersäule

$$h_1 = d\,h = \frac{d \cdot v}{314 \cdot 16}.$$

Dies ist der dem abgelesenen Ausschlag entsprechende Wasserdruck. Das Instrument ist für einen bestimmten Neigungswinkel geaicht.

Die Temperatur, bei welcher geaicht wurde, ist anzumerken; wenn das Instrument bei einer anderen Temperatur gebraucht wird, ist eine entsprechende Volumkorrektur (respektive Dichtenkorrektur) anzubringen.

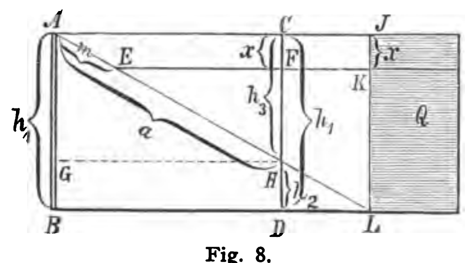


Fig. 8.
Schema der Ablesung des Instrumentes Fig. 7.

2. Der zweite und sichtlich einfachere Weg zur Ermittlung des faktischen Wertes des Differentialmanometerausschlages ist der der Berechnung unter Gebrauch eines nach Fig. 7 ausgerüsteten Instrumentes. Das Kalkul der Berechnung wird durch die einfache Fig. 8 veranschaulicht.

Q ist der breite Schenkel, *AL* der schmale, bewegliche Schenkel, welcher graduiert ist; *AB* und *CD* sind die vertikalen Skalen, die auf dem dahinter gestellten Schirme angebracht sind. Die in Fig. 8 eingezeichnete Hilfskonstruktion ermöglicht leicht die Berechnung der Unbekannten x.

Bekannt ist die Strecke $AE = m$ (= Manometerausschlag), ferner $AH = a$ (Distanz der beiden Skalen, jedoch am schiefen graduierten Arme abgelesen; der Punkt *A* entspricht dem Stande der Flüssigkeit in der Gleichgewichtslage, der bewegliche Arm wird nämlich so gedreht, bis *A* innerhalb *AB* fällt, d. h. die Flüssigkeit auf die Skala des ersten vertikalen Maßstabes einspielt).

Als weitere Bekannte figurieren

$AB = h_1$ (am ersten Vertikalmaß abzulesen),
$DH = h_2$ (am zweiten Vertikalmaß abzulesen).

Durch die Hilfskonstruktion resultiert das Dreieck ACH, in welchem gilt

$$AH:AE = CH:CF$$

und zwar ist

$$AH = a$$

$$CH = h_3 = h_1 - h_2$$

$$AE = m$$

und

$$CF = JK = x$$

daher resultiert

$$a:m = h_1 - h_2 : x$$

$$x = \frac{m\,(h_1 - h_2)}{a}.$$

Auf diese Weise läßt sich das fragliche in praxi infolge seiner Kleinheit unmeßbare Stück $JK = x$ aus dem deutlichen Ausschlag m leicht ermitteln. Wäre z. B. der Ausschlag 1 *mm*, so wäre

$$m = 1\ mm$$

und z. B. ferner

$$h_1 = 40\ mm$$

$$h_2 = 30\ mm$$

$$a = 100\ mm$$

dann ist

$$x = \frac{1 . 10}{100} = 0 . 1\ mm$$

Petroleum-, respektive Alkoholdruck; der an sich kaum merkbare Ausschlag von 0·1 *mm* ist durch die Neigung von 10% verzehnfacht worden; bei 100% Neigung würde $h_3 = h_1 - h_2$ auf 1 *mm* herabsinken und man könnte (posito daß $a = 100\ mm$ bliebe) aus 1 *mm* Ausschlag 0·01 *mm* Alkohol-, respektive Petroleumdruck deutlich ablesen. Natürlich folgt auch hier die oben gezeigte Reduktion auf Wasserdruck.

Zum Gebrauche des Instrumentes fügen wir hinzu:

Die beiden Konstruktionen in Fig. 6 und 7 deuten an, daß sich sowohl das enge als auch das weite Niveau mit dem zu untersuchenden Raume verbinden läßt. Gegebenenfalls können, wenn das beabsichtigte Experiment dies verlangt, auch beide Niveaux mittels entsprechender Rohransätze und Kautschukschläuche mit den zu untersuchenden Räumen oder Objekten in Verbindung gesetzt werden.

Man kann (nach den Erfahrungen Lehmanns) den Apparat Recknagels vortrefflich verwenden, wenn man die Luftverdünnung in Kaminen, die Saugwirkung in Ventilationskanälen,

den Winddruck in Mauern, respektive auch den Überdruck der Außenluft (natürliche Ventilation) messen will. Das Instrument ist demnach technisch-praktisch sehr verwendbar.

Sollen Mauern auf Luftdruckverhältnisse untersucht werden, dann verbindet man den vom Instrumente abgehenden Schlauch mit einem eisernen, in eine Spitze endigenden Schraubenrohre, das mit seitlichen Löchern versehen ist (ähnlich den bei den Nortonbrunnen in Verwendung stehenden Röhren). Dieses Rohr wird in die Wand eingetrieben.

Bei Untersuchung von Kanälen und Räumen wird einfach das eventuell mit einer Glasröhre ausgestattete Schlauchende eingeführt, respektive entsprechend eingedichtet.

Wichtig ist die genaueste Horizontalstellung des Differentialmanometers beim Gebrauche (mittels Libelle). Das Instrument ermöglichte Recknagel die Kontrolle der auf Seite 30 geschilderten Tatsachen der natürlichen Ventilation. Vermöge des Differentialmanometers war Recknagel in die Lage versetzt, die oft minimalen Überdruckverhältnisse der Seitenwände zu bestimmen und die Stärke des Überdruckes experimentell zu ermitteln, sowie die Lage der neutralen Zone festzustellen.

In ingeniöser Weise hat Recknagel aus diesen praktisch ermittelten Tatsachen eine Gleichung zur Luftwechselbestimmung und Ermittlung des Ventilationskoeffizienten abgeleitet; er ist demnach auf diesem mehr experimentellen Wege dem Altmeister Pettenkofer nachgeschritten, um das Ziel zu erreichen, um nicht auf halbem Wege stehen zu bleiben.

Recknagels Resultate sind eine experimentelle, induktive Erhärtung der Pettenkofer-Seidelschen Deduktionen.

Wir sehen von der Darstellung der Recknagelschen Ableitung der Ventilationsformel ab. (Ausgeführt in Flügge, Untersuchungsmethoden 1881, Seite 503; ferner Handb. Pettenkofer u. Ziemssen, Bd. 1; Abt. 2, Heft 4, Seite 572 von Recknagel.)

Nach der Erfahrung (Rubner) kommt man mit Pettenkofers Kohlensäuremethode stets und in allen Fragen aus.

Dies soll jedoch Recknagels Verdienst nicht schmälern, der hier in dankenswerter Weise eine Brücke zwischen Theorie und Praxis geschaffen hat.

Diesen Einklang, diese Harmonie zwischen Ableitung und praktischer Erhärtung zwischen Deduktion und Induktion betonten wir anfangs; es ist dies die logische Grundlage, das — venia verbo — philosophische Substrat unserer Wissenschaft.

Wir wandeln zur Praxis — zur Technik, zur Verwertung hinüber!

II. Grundzüge der allgemeinen Lüftungstechnik.

Ich kann mir nicht anmaßen, in diesem Kapitel vollständig zu sein. Die Ventilationstechnik stellt uns eine Summe von theoretischen Erwägungen, praktischen Erfahrungen, Berechnungen und Erfindungen von Meßinstrumenten und Ventilationsapparaten vor; mit diesen Produkten von Wissen und Schaffen auf diesem Gebiete könnten Kompendien gefüllt werden.

Der Leser gestatte, daß wir uns damit begnügen, die wichtigsten Probleme zu streifen, einzelne Beispiele aus jeder Klasse der technischen Erfindungen anzuführen, im übrigen aber auf die Ausführungen der betreffenden Literatur zu verweisen.

Über die Berechnung der Wirksamkeit projektierter und die Beurteilung bestehender Ventilationsanlagen.

Die Wirksamkeit der Ventilationsanlage hängt von der Größe der treibenden Kraft (im geraden Verhältnisse) und von dem Widerstande im Ventilationswege (im verkehrten Verhältnisse) ab. Diese Wirksamkeit gelangt zum Ausdrucke in der Geschwindigkeit des bewegten Luftquantums. Als weiterer bei der Bestimmung der Ventilationsgröße, des Ventilationseffektes in Betracht kommender Faktor tritt die Quantität der bewegten Luft hinzu, welche zur Geltung kommt, wenn man neben der Geschwindigkeit die Größe, d. h. den Querschnitt der Ventilationsöffnung, respektive des Ventilationskanales in Betracht zieht.

Die Art der treibenden Kraft (des Motors) und die Art, die Beschaffenheit des Ventilationsweges sind auch für die Einteilung der Ventilationsanlagen — wie wir erörtern werden — die maßgebenden Gesichtspunkte.

Die obige Relation der ausschlaggebenden Größen bleibt trotz der Verschiedenheit der Konstruktion der einzelnen Anlagen prinzipiell dieselbe. Wir stellen uns daher zunächst, bevor wir spezialisieren, auf diesen allgemeineren Gesichtspunkt, der einen um so interessanteren Überblick gewährt, als durch die Bestimmung gewisser hier in Betracht kommender Größen, die übrigen rechnerisch ermittelt werden können. Darauf müssen wir hinweisen, weil dies für die Praxis, für das rationelle Projekt und für die Prüfung der fertigen Anlage von Wichtigkeit ist.

Handelt es sich um das Projekt einer Anlage, so gilt es, aus den durch dasselbe gegebenen Faktoren im vorneherein

die Leistungsfähigkeit der Anlage zu bestimmen, d. h. die zu erzielende Geschwindigkeit theoretisch festzustellen.

Wenn Temperaturdifferenzen, wie es bei der Anlage einfacher Ventilationskanäle (ohne Motor) der Fall ist, als bewegende Kraft in Betracht kommen, dann ist die Erwägung folgende.

Wir berechnen einerseits die treibende Kraft und anderseits die lebendige Kraft und setzen diese Gleichungen gleich.

$Q = c . f . h (p - p_1)$ ist die treibende Kraft bei der Bewegung einer Luftsäule der Höhe h um c bei der Querschnittsfläche f getrieben von der am Anfange und Ende von der Säulenhöhe h bestehenden Temperaturdifferenz, welche eine Differenz der spezifischen Gewichte $p - p_1$ zur Folge hat. Die lebendige Kraft berechnet sich als $V = \frac{M}{2} c^2$ [halbe bewegte Masse mal dem Quadrat der Geschwindigkeit]. Die Masse kommt jedoch gleich dem Gewichte P durch die Acceleration der Erdschwere (g) geteilt. Das Gewicht kann man jedoch auch durch das bewegte Luftvolum ($f . c$ = Grundfläche mal Höhe des bewegten Prismas oder Zylinders) multipliziert mit dem spezifischen Gewichte p ausdrücken; es resultiert

$$M = \frac{P}{g} = \frac{f . c p}{g}$$

daher die lebendige Kraft

$$V = \frac{M}{2} c^2 = \frac{f p c}{2 g} . c^2$$

demnach zwei Gleichungen, welche untereinander gleich sind:

$$Q = c . f . h (p - p_1)$$

$$V = \frac{f p c}{2 g} c^2$$

$$c . f . h (p - p_1) = \frac{f p c}{2 g} c^2$$

$$h (p - p_1) = \frac{p}{2 g} c^2$$

$$c^2 = h (p - p_1) \frac{2 g}{p}$$

$$c = \sqrt{\frac{2 g h (p - p_1)}{p}}.$$

Das spezifische Gewicht p (beziehungsweise p_1) jedoch stellt sich als das Gewicht der Lufteinheit (m^3) bei der entsprechenden Temperatur t, beziehungsweise t_1 dar.

Das Gewicht von 1 m^3 Luft beträgt 1·293 bei 0^0 und 760 *mm Hg*; der Volumzuwachs bei der Temperatur t, durch welchen zur Ermittlung der Dichte (spezifisches Gewicht) das Gewicht zu dividieren ist, beträgt $1 + 0{\cdot}000366\,t$, daher treten statt p und p_1 die Ausdrücke:

$$p = \frac{1{\cdot}293}{1 + 0{\cdot}000366\,t}$$

und

$$p_1 = \frac{1{\cdot}293}{1 + 0{\cdot}000366\,t_1}$$

und statt der Differenz

$$p - p_1 = \frac{0{\cdot}00366\,(t - t_1)}{1 + 0{\cdot}00366\,t} = \frac{t - t_1}{273 + t}.$$

Nach Substituierung in obiger Formel stellt sich heraus

$$c = \sqrt{\frac{2\,g\,h\,(t - t_1)}{273 + t}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{I.}$$

worin

$$g = 9{\cdot}81\,m.$$

Nun kommt die Reibung in Abzug, die sich als eine Verminderung der Höhe des Überdruckes (h) um die Größe h_1 auffassen läßt (Rubner). Der Reibungswiderstand bestimmt sich aus der Höhe h (gerade proportional), aus dem Umfange des Kanales D (gerade proportional). Die Größe des Reibungswiderstandes nimmt zu mit dem Quadrate der Geschwindigkeit (also gerade proportional) und nimmt ab mit der Vergrößerung des Querschnittes des Kanales (q) (verkehrt proportional) und hängt endlich ab von der Größe des Reibungskoeffizienten $k = 0{\cdot}006$ (gerade proportional). Demnach ist

$$h_1 = \frac{2\,g\,k\,h\,c^2}{q}$$

Der Faktor k bestimmt sich mit 0·2 bis 0·4 (Flügge), wenn man h_1 als Verminderung von h darstellt, resultiert aus der Formel I:

$$c = \sqrt{2\,g\,(h - h_1)\,\frac{t - t_1}{273 + t}} \quad \ldots\ldots\ldots \text{II.}$$

worin

$$g = 9{\cdot}81\,m$$

worin sich nach Substitution des obigen Wertes für h_1 die Geschwindigkeit aus dem Querschnitte q (unter Berücksichtigung der Reibungswiderstände) theoretisch im vorneherein ableiten

läßt; damit ist die Leistungsfähigkeit der projektierten Anlage bestimmt.

Wenn der Wind der treibende Motor sein soll (siehe später Seite 62), berechnet man den Winddruck nach:

$$P = 0{\cdot}0018\, q \,.\, \sin w \,.\, v^2$$ [1])

Darin ist q = Inhalt der dem Winde gebotenen Fläche, v = Windgeschwindigkeit, welche mittels Anemometer (Schalenkreuz nach Robinson) ermittelt werden muß (siehe später Seite 55).

0·0018 ist eine Konstante. Die dargebotene Fläche, respektive Öffnung und die Lage derselben muß daher dementsprechend gewählt werden, um bei der herrschenden mittleren Windgeschwindigkeit den entsprechenden Effekt zu erzielen.

Bei der Fortbewegung der Luft durch Maschinen oder maschinell getriebene Motoren ist selbstredend die bekannte Kraft der Maschine und die Reibung maßgebend, um den Effekt der zu errichtenden Anlage von vorneherein zu bestimmen. — Man muß natürlich auch hier mit der Größe der Widerstände im Ventilationswege rechnen; die Leistungen, respektive die Größe der gelieferten Luftmenge wird vielfach (in Prospekten) für den idealen Fall angegeben, daß das Gebläse aus freier Luft saugt und in freie Luft bläst [Hartmann] (siehe auch später Seite 72 ff.: Spezielles über Gebläse). — Auch die Nutzarbeit für Injektoren (komprimierte Luft) drückt sich in einer Formel aus:

$$\frac{d\,q\,v^2}{g} = \frac{D\,Q\,V^2}{G}.$$

Einiges über die Theorie der Schraubenventilatoren lassen wir auf Seite 75 folgen. Im übrigen sei auf die einschlägigen technischen Werke verwiesen und insbesondere Wolpert, Theorie und Praxis der Ventilation (Braunschweig 1880) und Rietschel, Leitfaden zum Berechnen und Entwerfen von Ventilationsanlagen (Berlin 1894) hervorgehoben.

Bei der Beurteilung der Wirksamkeit, Zulänglichkeit oder Unzulänglichkeit bestehender Ventilationsanlagen kann man sich einerseits der bei der Besprechung der natürlichen Ventilation beschriebenen Methoden bedienen (indirekte Bestimmungsmethode): man stellt nach Pettenkofer-Seidel (Seite 34) den Effekt der Gesamtventilation fest (selbstredend bei Tätigkeit der künstlichen Ventilation). Dann wird die künstliche Ventilation ausgeschaltet und der Effekt der natürlichen Ventilation allein bestimmt.

---

[1]) Die Formel gilt für Fuß und Pfund!

Nach der bekannten Formel (Seite 32):

$$V = m\,Q = \mu\,Q + \mu_1\,Q$$

berechnet sich der Koeffizient der künstlichen Lüftung (μ) aus der Differenz ($m - \mu$).

Direkte Ermittlung der Leistung von bestehenden Ventilationskanälen.

Diese Ermittlungsmethode nennen wir insoferne „direkt", als sie sich unabhängig von dem Effekte der Luftverbesserung in dem gelüfteten Lokale darstellt; die Methode rechnet mit den Verhältnissen des Lüftungskanales selbst, ermittelt so die zugeführte Menge durch Messung (Meßapparate) und bringt die ermittelte Größe erst dann mit dem Luftkubus des gelüfteten Lokales in Relation, um den maßgebenden Lüftungskoeffizienten darzustellen.

Die Sache ist theoretisch — wie bereits früher Seite 33 angedeutet — einfach.

Man hat die Geschwindigkeit der Luft im Kanale, respektive beim Aus- oder Eintritte v (per Sekunde in Metern) mit dem Querschnitt des Ventilationskanales (beziehungsweise der Ein- oder Ausströmungsöffnung) in Quadratmetern ausgedrückt, zu multiplizieren und erhält die Luftmenge, welche einströmt, in Kubikmetern.

Es sind jedoch bei der Ermittlung der Größen gewisse Kautelen anzuwenden. Ehe wir jedoch in dieser Erörterung weitergehen, führt uns die hier maßgebende Luftgeschwindigkeitsmessung im Ventilationskanale zu einer kurzen Besprechung der Anemometrie.

Von der Messung der Luftgeschwindigkeit (Anemometrie).

Hier können wir vor allem wieder an Recknagels Differentialmanometer zurückdenken. Die ausführliche Beschreibung dieses Instrumentes und des Gebrauches desselben auf Seite 34 ist um so mehr gerechtfertigt, als es sich auch vorzüglich und sehr verläßlich (wie von Rubner nachgeprüft wurde) zur Messung geringgradiger Winddrucke in den Ventilationskanälen verwenden läßt. Recknagel hat zu diesem Zwecke seinem Instrumente ein Apparatchen beigegeben. Es ist ein rundes Plättchen von 3—4 *mm* Dicke und 10—20 *mm* Durchmesser, das mit zwei Bohrungen vorne und hinten versehen ist, die in der Mitte der Scheibe hineinführen und am Rande

münden. Die Mündungen sind mittels Leitungen mit dem Manometer verbunden.

Die Geschwindigkeit v berechnet sich aus dem Ausschlage des Manometers m (Durchschnitt mehrerer Messungen) nach folgender Formel

$$v = 2 . \sqrt{\frac{g . m}{3 p_t}}$$

worin

g = Gravitation der Erdschwere = 9.81

p_t = Gewicht eines Kubikmeters der mit der Temperatur t einströmenden Luft, also $= \frac{1\cdot293}{1 + 0\cdot000366\, t}$. (Vergl. Berechnung auf Seite 51.)

Demnach ist

$$v = 2 \sqrt{\frac{9 . 81\, m}{3 \cdot p_t}} = 2 \sqrt{3 . 27 \frac{m}{p_t}}$$

$$v = 3 . 78 \sqrt{\frac{m}{p_t}}$$

nach Substitution des obigen Ausdruckes für p_t

$$v = 3 . 78 \sqrt{m . \frac{1 + 0\cdot000366\, t}{1 . 293}}$$ [1])

Es läßt sich demnach unmittelbar aus dem Ablesungsresultate m bei bekannter Temperatur der Einströmungsluft (t) die Geschwindigkeit berechnen. (Die Entwicklung obiger Formel bringt auch Schmidt in Weyls Handbuch d. Hygiene, IV. Bd.) Auf Grund der erklärten Verwendung des Differentialmanometers hat Ingenieur Recknagel in München sein Mikromanometer und Pneumometer konstruiert, welche zur Messung der Geschwindigkeiten von Luft und Gasen überhaupt, selbst bei den höchsten Wärmegraden (Heißluft, Dampf, Verbrennungs-, Heizgase etc.) dienen. Diese Instrumente arbeiten unter Verwendung einer (ähnlich wie das oben beschriebene Scheibchen) konstruierten Stauscheibe, welche senkrecht in die Bewegungsrichtung des Gasstromes eingeführt wird. Die erzeugten Staupressungen, respektive die Differenz zwischen der vor der Scheibe erzeugten Stauüberpressung und der hinter derselben

---

[1]) Die Formel vereinfacht sich bei Annahme der normalen Dichte der Luft (bei $t = 0$) auf

$$v = 3 . 78 \sqrt{\frac{m}{1 . 293}} \quad \text{daher} \quad v = 3 . 33 \sqrt{m}.$$

entstehenden Stauunterpressung werden differential manometrisch gemessen.

Das Pneumometer kann für jede beliebig hohe Strömungsgeschwindigkeit angewendet werden. Es bietet gegen die nun zu beschreibenden Anemometer erstens den Vorteil, daß, wenn die von der Stauscheibe zum Instrument führenden Röhren genügend lang gewählt werden, das Manometer selbst auf einem bequemen Orte aufgestellt werden kann, etwa dort, von wo aus die Regulierung der Ventilationsanlage geschieht, während, wie wir sehen werden, bei den Anemometern eine derartige Übertragung natürlich untunlich ist; ferner gibt das Anemometer nur durchschnittliche Werte an, während das Pneumometer eine direkte, sehr zuverlässige Messung und Ablesung der eben herrschenden Geschwindigkeit ermöglicht. Endlich kann die Strömungsgeschwindigkeit von Luft, Dampf etc. in Röhren von sehr engem Kaliber noch ganz wohl mit dem Pneumometer gemessen werden, während die Anemometer derartige Messungen nicht erlauben. Speziell für unsere Zwecke (Exhaustorenarbeit etc.), dann für die Geschwindigkeitsmessungen bei Zentralheizungsanlagen ist das Pneumometer von außerordentlichem Werte.

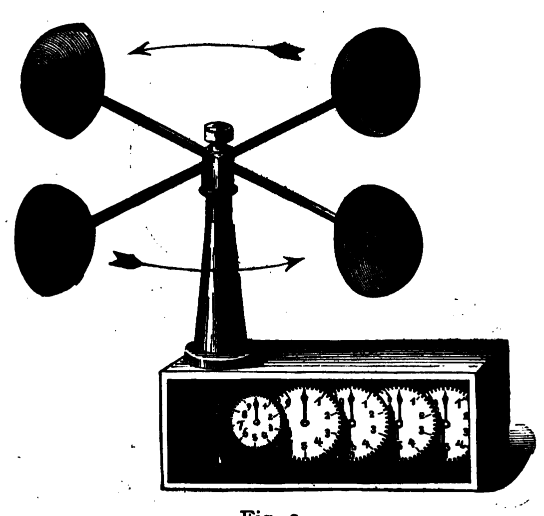


Fig. 9.
Schalenkreuz-Anemometer.

Anemometer.

Das ursprüngliche „klassische" Instrument ist das „Schalenkreuz" von Robinson, welches ganz unabhängig von der Veränderung in der Windrichtung die mittlere Windgeschwindigkeit innerhalb eines bestimmten Zeitraumes registriert. Es dient vor allem meteorologischen Zwecken. Der Gebrauch bei der Ventilation durch Winddruck wurde auf Seite 52 erwähnt.

Das Schalenkreuz wird durch den Wind in Rotation versetzt und durch eine Kontakteinrichtung in Verbindung mit einem Registrierapparate die Zeit selbständig festgelegt, innerhalb welcher das Instrument 1000 Umdrehungen gemacht hat (Konstruktion nach Ingenieur Recknagel in München). Das Instrument, das vollkommen wetterfest und frostfest ist, wird dort aufgestellt, wo man die Ausnutzung des Windes zu Motor-, respektive Ventilationszwecken beabsichtigt; zwei isolierte Leitungsdrähte führen zu dem in einem Hause geborgenen Registrierapparat. Mit Hilfe eines beigegebenen Maßstabes kann aus dem Abstande der Kontaktmarken ohne weiteres die Luftgeschwindigkeit abgelesen werden (Recknagel).

Bei der Beurteilung der Verteilung der in einem geschlossenen Lokale herrschenden Luftströmungen hilft oft die Beobachtung der Bewegung von in diesem Lokale erzeugten Rauchmassen (Tabakrauch, Lehmann).

Zur Bestimmung der Geschwindigkeit von Luftströmungen bestimmter Richtung — und dies ist nach dem früher Gesagten die die Ventilationstechnik vor allem interessierende Frage — dienen uns die „dynamischen" und „statischen" Anemometer folgender Konstruktionen:



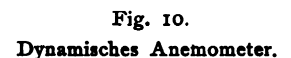


Fig. 10.
Dynamisches Anemometer.

Als dynamisches Anemometer sei das nach dem System Combes hergestellte Anemometer von Prof. Recknagel (Passau) [Fig. 10] angeführt. Die durch die Luftbewegung erzeugten Umdrehungen eines Flügelrades aus Glimmerplättchen werden auf eine in Steinlagern laufende stählerne Achse und von da mittels endloser Schraube auf ein Zahnradgetriebe und so auf einen Zeiger übertragen. Eine Umdrehung des Zeigers entspricht 1000 Umdrehungen des Flügelrades. Die Ein- und Ausschaltung wird durch einen 30 *cm* langen, zur Flügelachse parallelen Griff bewerkstelligt, welcher an dem Instrumente befestigt werden kann. Die in der Figur dargestellte Konstruktion nach Ingenieur Recknagel (München) gestattet die

Anwendung noch bei Röhren von 70 *mm* Durchmesser und kann auch gegebenenfalls mit galvanischer Registrierung ausgestattet werden.

Die Luftgeschwindigkeit v berechnet sich dann aus der Anzahl n der Umdrehungen in der Zeit t (in Sekunden) und aus zwei für jeden Apparat angegebenen Konstanten a und b nach folgender Formel:

$$v = a + b\frac{n}{t}$$

so z. B. für einen bestimmten Apparat und eine Minute (60 Sekunden).

$$v = 0{\cdot}4 + 0{\cdot}143 \cdot \frac{n}{60}.$$

Ansicht von vorne (Ruhestellung).



Längenschnitt.

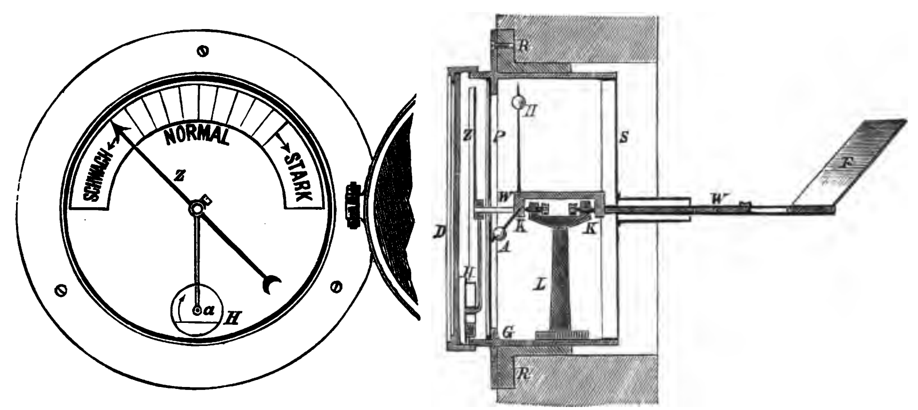


Fig. 11 a. **Fig. 11 b.**

Kontrollapparat für Ventilationskanäle nach Recknagel.

Die Konstanten a und b müssen durch Aichung des Instrumentes ermittelt werden, z. B. indem man das Instrument einem Luftstrome bekannter Geschwindigkeit aussetzt. (Näheres darüber in Flügge, Untersuchungsmethoden.) Es werden zum Zwecke der Aichung auch besondere Apparate verwendet, mittels welcher das Anemometer mit bestimmter konstanter Geschwindigkeit im Kreise gedreht wird, woraus man genau auf die Geschwindigkeit der Luftströmung, die während der Drehung einwirkte, schließen kann. Eine Anemometeraichung bedarf jedenfalls viel Geduld und Mühe (Lehmann).

In sehr praktischer Weise bringt ferner Ingenieur Recknagel ein Anemometer mit einer Remontoiruhr in der-

artige Wechselwirkung, daß die besondere Beobachtung der Zeit erspart wird.

Die statischen Anemometer seien hier nur der Vollständigkeit halber erwähnt. Diese Instrumente sind gegenüber den eben beschriebenen dynamischen mehrfach im Nachteil: sie müssen während der Tätigkeit abgelesen werden; sie gestatten nur Ablesungen bis zu einer gewissen Windstärke, über welche hinaus sie vollkommen unbrauchbar werden. Die Konstruktion ist folgende: Der Wind wirkt auf ein Flügelrad drehend ein, dessen Drehung wird jedoch durch eine Feder gehemmt. Der Ablenkungswinkel der Windflügel von der Ruhelage wird mittels Zeiger angezeigt. Der Ausschlag deutet an, wie weit der eben herrschende Wind imstande ist, die Federspannung zu überwinden. Natürlich wird das Instrument, wenn der Ablenkungswinkel 360⁰ überschreitet, unbrauchbar.

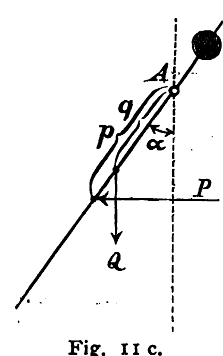


Fig. 11 c. Schema.

An dieser Stelle muß der ständigen Kontrollapparate für Ventilationsanlagen (von der Firma Ing. H. Recknagel in München patentiert) Erwähnung getan werden, nachdem sich dieselben, wie auch Hartmann in Albrecht hervorhebt, als sehr praktisch erwiesen haben. Diese Apparate, am Ausströmgitter befestigt oder in den Luftkanal eingesetzt, zeigen fortdauernd an, ob die durch den Kanal zu-, beziehungsweise abgeführte Luftmenge entsprechend groß ist oder ob eine Regulierung der Ventilation notwendig ist.

Der Kontrollapparat zum Einsetzen in Lüftungskanäle sei näher beschrieben (Fig. 11 a und 11 b).

Dieser Apparat besteht aus einem zylindrischen gußeisernen Gehäuse *G*, welches den Lagerständer *L* aufnimmt. Zwischen den Körnerspitzen *KK* lagert leicht drehbar eine horizontale, entsprechend gekröpfte, für variable Wandstärken ausziehbare Welle *W*, deren eines Ende den in der Ruhelage senkrecht zur Windrichtung stehenden Flügel *F* trägt, während auf der anderen Seite des Lagers die Flügelausbalancierung *A* und das kombinierte Hebegewicht *H* angebracht sind. Das Hebegewicht *H*, welches wie der Zeiger *Z* jenseits der Zeigerplatte *P* sichtbar und zugänglich ist, kann durch einfache Drehung um seine Achse *a* so eingestellt werden, daß der Zeiger für jede Geschwindigkeit zwischen 0 und 4 *m* auf *„Normal"* einspielend erzielt werden kann. Damit ist die Art der Justierung gegeben, dieselbe erfolgt derart, daß bei der richtigen Geschwindigkeit der Ventilationsluft im Kanale der dem Flügel *F* um 45⁰ vorauseilende Zeiger *Z* vertikal steht, d. h. auf *„Normal"* einspielt. Weicht in Zukunft die Stellung des Zeigers davon ab, so geben die Bezeichnungen auf der Zeigerplatte Aufschluß, ob der Strom zu stark oder zu schwach ist. Ein Glasverschluß *D*, der zum Zwecke der einmal vorzunehmenden Justierung geöffnet werden kann, bildet in der Front, ein Staubabdichtungsdeckel *S* am anderen Ende des Gehäuses, einen vollkommenen Schutz gegen Verstaubung der Lager.

Jeder einzelne Apparat besitzt einen gesonderten Gußring R, der vorher in die Kanalwand eingemauert oder befestigt wird. In diesen Ring wird alsdann nach Vollendung der groben Arbeit das eigentliche Anemometer eingesetzt. Diese Einrichtung gewährleistet den besten Schutz vor Verletzung des Apparates und erlaubt dessen bequeme Entfernung bei der Reinigung der Luftschläuche.

Diese Konstruktion gewährt den Vorteil der gleichen Verwendbarkeit für Abzugsschächte wie für Zufuhrkanäle; ist vollkommen unabhängig von der Art der Regulierung, verursacht keine nennenswerte Querschnittverengerung, gestattet das bequeme Ablesen des Zeigerstandes in Augenhöhe und wird auch für elektrische Fernübertragung durch Signalisierung mittels akustischer und optischer Instrumente ausgeführt.

Folgende kleine theoretische Erwägung zeigt die Empfindlichkeit und Brauchbarkeit vorstehender Apparate für den angegebenen Zweck (Fig. 11 c).

Es sei $P = KFv^2$ der Winddruck auf Fläche F bei normalem Auftreffen ($\alpha = 0^0$); K ein konstanter Koeffizient; v die Luftgeschwindigkeit in Meter pro Sekunde; $P\cos^2\alpha$ der Winddruck auf Fläche F bei einer Neigung von α^0 zur Vertikalen; p die Entfernung des Winddruckangriffspunktes vom Drehpunkt A; Q die durch das Übergewicht des Flügels F resultierende Drehkraft um die Achse A; q die Entfernung des Angriffspunktes dieser Kraft vom Drehpunkte A, dann ergibt sich folgende allgemeine Gleichgewichtsgleichung (Geschwindigkeit, welche einem Winkelausschlag von α^0 entspricht $= v\,\alpha$ gesetzt):

$$Qq\sin\alpha - P\cos^2\alpha\, p\cos\alpha = 0;\; P = KFv^2$$

eingesetzt, liefert

$$v\,\alpha^2 = \frac{Qq.\sin\alpha}{KFp\cos^3\alpha} = \text{Konstante} \times \frac{\sin\alpha}{\cos^3\alpha}$$

da Q, q, K, F und p konstante Größen sind; für $\alpha = 45^0$ wird die Konstante

$$v_{45}{}^2\,\frac{\cos^3{}_{45}}{\sin_{45}} = 0{\cdot}707^2\, v_{45}{}^2$$

oder

$$v\,\alpha = 0{\cdot}707\, v_{45}\sqrt{\frac{\sin\alpha}{\cos^3\alpha}}$$

d. h. alle Winkelausschläge, welche durch Änderung der Luftgeschwindigkeit hervorgerufen werden, stehen zu der dem 45^0-Ausschlag entsprechenden Geschwindigkeit in konstantem Verhältnisse. Beachtet man, daß die Flügellänge 15 *cm* beträgt, so ergibt sich für einen Winkelausschlag von 4^0 eine Bogenlänge von zirka 11 *mm*. Setzt man in dem Ausdruck für $v\,\alpha$ die entsprechenden Werte $\alpha = 41^0$, respektive $\alpha = 49^0$ ein, so ergibt sich, daß diesem Ausschlage von 11 *mm* eine Geschwindigkeitsänderung von im Mittel 14% entspricht, daß somit eine Änderung der Luftmenge um 6% ($^1/_2$ *cm* Weg) auf große Entfernung hin noch deutlich erkannt werden kann; das dürfte den zu stellenden Anforderungen hinreichend entsprechen.

Kautelen bei der Ermittlung der Leistung von Ventilationskanälen.

Wir schließen nach der Erörterung der Luftgeschwindigkeitsmessung an Seite 53 an. Wir müssen bei der Prüfung der

Ventilationsanlagen darauf bedacht sein, die mittlere Geschwindigkeit der Luftströmung zu ermitteln. Die Luftgeschwindigkeit darf darum nicht an der Ausströmungsöffnung selbst gemessen werden, sondern innerhalb des Kanales, wenigstens 20—30 *cm* von der Öffnung entfernt. Zu diesem Zwecke dienen zwei Hilfsmittel: entweder bedient man sich des beim Anemometer von Recknagel beschriebenen, etwa 30 *cm* langen Griffes (Fig. 10), welcher eine Einführung des Instrumentes in das Kanalinnere gestattet oder setzt man an die Kanalöffnung ein Ansatzrohr von gleichem Kaliber möglichst luftdicht an, um die Einführung des Manometers zu ermöglichen.

Ferner muß man insbesondere, wenn der Kanalquerschnitt sehr groß ist, die Luftgeschwindigkeit an mehreren Stellen bestimmen. Am besten ist es jedoch, wenn man das Instrument der Reihe nach an sämtliche Punkte des Querschnittes bringt, denn der Geschwindigkeitsunterschied zwischen der in der Achse des Rohres sich bewegenden Luft und zwischen der an der Wand hingleitenden Luft ist oft ein ziemlich bedeutender. Wenn man auch obige Kautelen beobachtet hat, so empfiehlt es sich dennoch mehrere Bestimmungen zu machen, welche man je 3—4 Minuten dauern läßt und dann bei ungefährer Übereinstimmung das Mittel zu nehmen. Ferner ist in bezug auf den zweiten Faktor in der Formel

$$V = v\,Q$$

(geliefertes Luftvolumen ist gleich Geschwindigkeit mal Querschnitt) nämlich bezüglich des Querschnittes zu sagen: Bei Vorausberechnung einer Ventilationsanlage ist stets der kleinste Querschnitt in Rechnung zu ziehen und überdies sind die Biegungen, Krümmungen und sonstige Widerstände zu berücksichtigen (Flügge).

Von den Hilfsmitteln der künstlichen Lüftung. Lüftungsapparate, Ventilationsanlagen, Gebläse, Maschinen.

Um über dieses interessante Kapitel eine Übersicht z gewinnen — was eben der Zweck unserer Darstellung ist — treffen wir eine Einteilung nach der Art der bei den einzelnen Anlagen verwendeten Motoren, d. h. der Art der wirksamen Kräfte.

Die Anlagen werden im Prinzipe derart hergestellt, daß entweder die natürlichen (elementaren) Kräfte, welche die natür-

liche Ventilation zustande bringen (Temperaturdifferenzen, Wind) *künstlich unterstützt* werden und so in besonderer Weise ausgenutzt werden, oder daß *besondere Motoren* in Verwendung genommen werden, um die Luftbewegung herzustellen (künstliche Temperaturdifferenzen, maschinelle Vorrichtungen, sogenannte Gebläse etc.).

Die beiden eben geschiedenen Hauptgruppen zerfallen in je zwei auf dem gleichen Prinzipe basierende Untergruppen:

Künstliche Ventilation	*a)* mittels natürlicher Hilfsmittel	1. Temperaturdifferenzen 2. Wind (natürliche meteorische Luftbewegung)
	b) mittels rein künstlicher Hilfsmittel	1. Temperaturdifferenzen 2. Gebläsewind (künstlich mechanisch erzeugte Luftbewegung).

In beiden Fällen ist demnach entweder die durch die Temperaturdifferenz erzeugte Druckdifferenz der in Betracht kommenden Luftsäulen oder die Luftbewegung an sich das treibende Prinzip, in einem Falle von der Natur geliefert und durch Vorkehrungen entsprechend zur Geltung gebracht, im anderen Falle gänzlich von den Naturkräften unabhängig, maschinell, respektive künstlich erzeugt.

Die Überlegenheit der letzteren Hauptgruppe von Vorkehrungen springt in die Augen. Wenn sich auch die natürlichen Motoren durch zweckmäßige Anlagen entsprechend gut ausnutzen und regulieren lassen, so ist dies gewiß nur innerhalb gewisser Grenzen möglich; denn sowohl die Temperaturdifferenz als der Wind können eben ganz im Stich lassen. Eine solche Abhängigkeit können wir jedoch in der Industrie insbesondere nicht brauchen. Der Industrielle muß sich auf die gleichmäßige Funktion und Kraft seines Motors verlassen können; dies gilt, wenn die Lüftungsanlage hygienische Zwecke verfolgt, ganz insbesondere aber, wenn sie — wie dies so häufig der Fall ist — auch technischen Zwecken dient. Hier kann eine sozusagen fakultative Funktion der Anlage nicht genügen.

Aus diesem Grunde werden wir nach einer mehr kursorischen Besprechung der vorzüglich für den Luftbedarf in Wohnhäusern und kleineren Versammlungslokalitäten (wie

Schulen, Gastlokalen, auch Krankenhäusern)[1]) dienenden Anlagen der ersten Gruppe vorzüglich die Hilfsmittel der zweiten Gruppe (maschinelle Ventilation), welche in der Industrie in Betracht kommen, eingehender besehen.

Ausnutzung der natürlichen Temperaturdifferenz zwischen Außen- und Binnenluft und des Windes zu Ventilationszwecken.

Die einfachste Herstellung einer künstlichen und vielfach ziemlich ausgiebigen Ventilation ist das Öffnen von Fenstern und Türen, die sogenannte Zuglüftung. Schmidt weist die Unzweckmäßigkeit einer allzulangen Zuglüftung nach, da in mittelgroßen Lokalitäten je nach den Raum-, Fenster- und Türgrößenverhältnissen, ferner der Witterung (Wind, Temperatur) 2—6 Minuten zur Durchlüftung genügen. Diese „Durchlüftung" repräsentiert natürlich bloß einen einmaligen Luftwechsel und es müßte diese Prozedur in einem stark besetzten Raume viel zu häufig vorgenommen werden, was ja in Schulen, Versammlungslokalen, Krankenhäusern und insbesondere in Werkstätten nicht angeht.

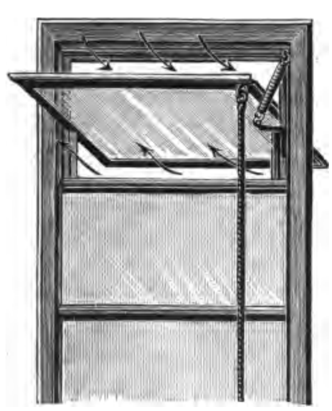


Fig. 12.
Fensterlüftung.

Man trachtet durch das Öffnen der „oberen" Fensterflügel allein eine stetige Ventilation herzustellen. Die oberen Fensterflügel können ohne Belästigung häufiger geöffnet und länger offen gelassen werden. Um dies zu erleichtern, wurden bequeme Fensterverschlüsse (etwa wie der von Marasky u. a.) angegeben.

Eine die Fensterzuglüftung gut und zweckmäßig ausnutzende Vorrichtung ist der (in Fig. 12 abgebildete) Kosmoslüfter der Firma Pick & Winterstein (Wien), welcher auch für Fabriksräume empfohlen werden kann.

Bei halbwegs größeren Lokalitäten, wo sich zahlreiche Menschen versammeln oder wo eine größere Dunstentwicklung nicht zu vermeiden ist, muß die Abfuhr der verdorbenen Luft durch besonders praktisch und rationell angelegte Lüftungswege vermittelt werden. Gegebenenfalls muß auch ein Luftzufuhrsweg gebahnt werden.

---

[1]) während man z. B. bei der Ventilation von Theatern meist schon zur Maschinenkraft greifen muß.

Die Dunstschläuche und Ventilationskanäle können derart hergestellt sein, daß sie nur auf Grund der zwischen Außen und Innen vorhandenen Temperaturdifferenz funktionieren; sie arbeiten dann im Sinne der Aspiration. Natürlich kann diese Wirkung noch überdies unterstützt werden (durch Wind, künstliche Temperaturdifferenzen und maschinelle Motoren). Die Aspirationsventilation kümmert sich nicht um den Zufuhrsweg der Luft; wie und auf welchem Wege die Frischluft in die Lokalitäten gelangt, bleibt den Verhältnissen anheimgestellt, welche auch über die natürliche Ventilation entscheiden; es repräsentiert demnach der durch die Aspirationsventilation hervorgerufene Lufterneuerungsvorgang eine bloße Verstärkung der natürlichen Ventilation, wobei der Weg dem Zufall überlassen bleibt (Ritzen, Fugen, Poren, offene Türen, Fenster etc.). Es ist dann eben nur dem inneren herrschenden Überdrucke

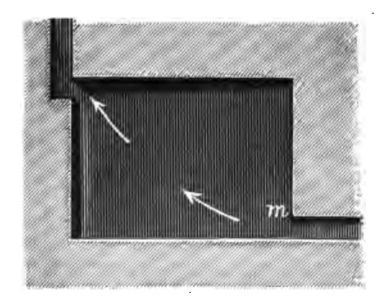


Fig. 13 a.
Sommerventilation.

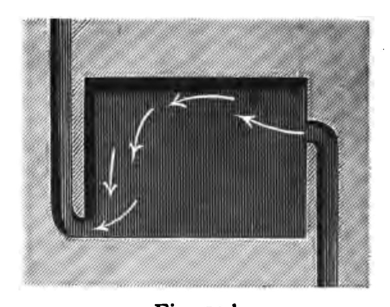


Fig. 13 b.
Winterventilation.

mehr Bahn geschaffen worden, der äußere Überdruck blieb unberücksichtigt.

Der bedeutende Nachteil einer solchen Anlage liegt darin, daß man die Bestimmung der Qualität der Frischluft insoferne nicht in der Hand hat, als man einerseits die Entnahmstelle nicht wählen kann und anderseits nichts für eine eventuelle Aufbesserung der Qualität der Luft tun kann (Filtration, Befeuchtung vergl. später Seite 86 ff.).

Diesem Mangel kann natürlich abgeholfen werden, wenn man außer dem Abfuhrskanale auch einen besonderen Zufuhrskanal oder mehrere derartige Kanäle anlegt, welche dann im Sinne der Pulsion wirken. Wenn diese Pulsion jedoch nicht maschinell oder sonst künstlich unterstützt wird, dann müssen diese Zufuhrskanäle sehr weit angelegt werden und sehr wenig Widerstände bieten, um ihrem Zwecke zu entsprechen. Bei der Luftentnahme können dann die die Luftqualität betreffenden

Interessen und Vorkehrungen berücksichtigt, beziehungsweise angebracht werden (vergl. später Seite 87).

Nachdem wir die Grundlagen der Theorie der Ventilationskanäle auf Seite 50 ff. für die verschiedenen treibenden Kräfte besprochen haben, treten wir hier einigen Fragen näher, welche die Anlage der Ventilationsöffnungen betreffen. Falls nicht besondere Vorkehrungen zur Erwärmung der Frischluft getroffen sind, wie z. B. bei der Verbindung der Ventilationsanlagen mit Zentralheizungsanlagen etc. gelten allerdings mit Berücksichtigung spezieller Fälle folgende Regeln: Nur für die Sommerventilation ist es gestattet, die Zufuhröffnung nahe dem Fußboden anzubringen (Fig. 13 a), weil sonst eine außerordentlich lästige Zugempfindung bei den Zimmerinsassen hervorgerufen werden müßte, wenn zwischen Binnenluft und Frischluft ein bedeutender Temperaturunterschied besteht.

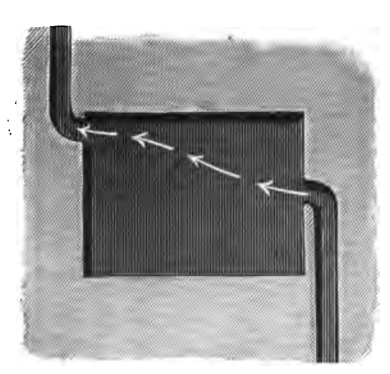


Fig. 13 c.
Vorübergehende Ventilation.

Für die Winterventilation muß der Zuluftkanal über Kopfhöhe münden und ist die verdorbene Luft unten (nahe dem Fußboden) abzuführen (Fig. 13b).

Schmidt empfiehlt die Anlage des Ofens an der Stelle *m* vor der Eintrittsöffnung, wodurch sich dann das Arrangement in Fig. 13 a auch für den Winter eignet. (Näheres über diese Anordnung bei Besprechung der Ventilationsanlagen mit Benutzung künstlicher Temperaturdifferenzen auf Seite 68 „Ventilationsöfen".)

Wenn eine stärkere vorübergehende Ventilation der oberen Teile eines Raumes, in denen sich Dunst, Qualm (Tabakrauch) zeitweilig ansammelt, notwendig wird, dann empfiehlt Flügge eine Kombination von den in beiden Zeichnungen dargestellten Systemen in dem Sinne, daß die Einströmungsöffnung sich über Kopfhöhe, die Abzugsöffnung hart an der Decke befindet (siehe Fig. 13 c).

Zur Regulierung der Luftzufuhr und Abfuhr dient eine Anzahl verschiedener Konstruktionen von Klappen, welche Dreh-, Drossel- oder Wechselklappen sein können. Insbesondere empfiehlt sich die Anbringung von Jalousieklappen, welche an das Gitter, das in der Regel in die Ventilationsöffnung eingesetzt wird, angebracht werden.

Hartmann betont, daß die Konstruktion der Regulierungsvorrichtungen einfach sein soll; es ist ferner darauf zu achten, daß der freie Durchgangsquerschnitt der Vorrichtung im geöffneten Zustande und insbesondere auch der Querschnitt des eingesetzten Gitters die Weite des Kanals nicht beeinträchtige. Die Beachtung des Erwähnten ist wichtig, da sonst, besonders bei Ventilation ohne maschinelle Kraft allzu bedeutende Widerstände gesetzt werden.

Es ist kaum nötig, zu erwähnen, daß die Funktion der Kanalanlage stets entsprechend überwacht und dementsprechend reguliert werden muß. Hier kommen die Kontrollapparate von Recknagel (Seite 57) vorzüglich zustatten.

Wenn die Funktion des Lüftungskanals durch mechanische Kraft oder künstlich erzeugte Wärme hervorgebracht oder unterstützt wird, hat man die Regulierung um so mehr in der Hand, nachdem man sich einerseits der oberwähnten Apparate

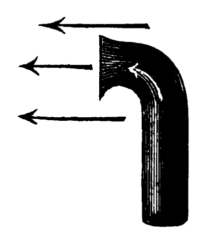


Fig. 14 a.
Aspirationsaufsatz.

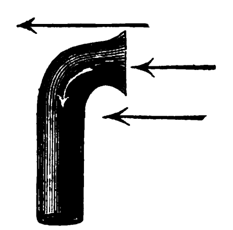


Fig. 14 b.
Preßkopf.

bedienen kann, anderseits aber auch die treibende Kraft beliebig zu mehren oder zu verringern vermag.

Wir orientieren uns weiter über die einzelnen in Betracht kommenden **Motoren** der Ventilation.

Der Wind kann im Sinne der Aspiration oder der Pulsion ausgenutzt werden. Die Apparate, welche diese Ausnutzung bewerkstelligen, sind Aufsätze auf die Mündung, beziehungsweise Eingangsöffnung des Ventilationskanals, welche in obigem Sinne entweder Saugkappen (Saugköpfe) oder Preßköpfe sein können. Es sind gebogene Rohre (siehe Fig. 14) und je nachdem, ob die Öffnung dem Winde zugekehrt oder von ihm abgewendet ist, wirkt der Aufsatz saugend oder preßt der Wind die Luft in das Rohr hinein. Um sich von der Windrichtung unabhängig zu machen, bringt man die Aufsätze drehbar an und versieht dieselben mit einer Wetterfahne, welche durch ihre Drehung dann stets den Aufsatz entweder in der Richtung des Windes oder ihm entgegenstellt. Diese Ausnutzung von

Wind jedweder Richtung wird in vorzüglicher Weise auch durch den Wolpertschen Aufsatz erreicht (siehe Fig. 15). Die Konstruktion der Aufsätze stützt sich auf die Tatsache, daß ein auf eine ebene oder zylindrische Fläche stoßender Luftstrom nicht abprallt, sondern sich längs der ganzen Fläche ausbreitet, dann an den Rändern vorüber weiterströmt, dieselben umgehend und auf der entgegengesetzten Seite eine Luftverdünnung erzeugend. Die Verjüngung des Wolpertschen Kopfes nach oben in Form eines abgestutzten Kegels bewirkt, daß jedweder Wind an dem Aufsatze derart abgelenkt wird, daß er, eine schräg nach oben gerichtete Luftströmung erzeugend, eine Aspirationswirkung ausübt (geliefert vom Eisenwerke in Kaiserslautern).

Hartmann (in Albrechts Gewerbehygiene) empfiehlt von Howorth, Hanisch & Comp., ferner von Danneberg & Quandt hergestellte bewegliche Saugköpfe, welche sich dadurch kennzeichnen, daß in dem Abluftrohr ein Schraubenradgebläse eingelagert ist, welches durch ein auf gleicher Achse sitzendes, vom Winddrucke in Drehung versetztes Rad bewegt wird und dadurch eine Saugwirkung hervorruft.

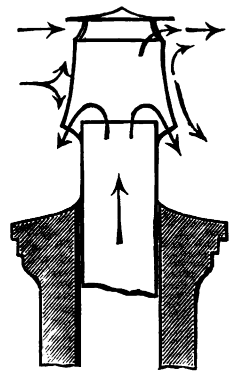


Fig. 15.
Wolperts Schornsteinaufsatz.

Auf ähnlichem Prinzipe ist der Munksche Tubularschornsteinventilator konstruiert, welcher nach Art eines Zentrifugalexhaustors funktioniert.

Für Werkstätten empfiehlt sich insbesondere auch die Dachreiterlüftung. Die Dachreiter werden mit entsprechenden Klappen versehen, welche gegebenenfalls so hergestellt werden können, daß sie sich selbsttätig auf der Windseite öffnen.

Mitunter muß auch die ungünstige Beeinflussung der Zugverhältnisse in einem Lüftungskanale durch den Wind mittels Aufsätzen verhindert werden, welche dann Windablenker oder Deflektoren genannt werden. Diese Aufsätze sind nach Art des Wolpertschen Kopfes (Fig. 15) konstruiert.

Der große Nachteil der Ventilation unter Verwertung der Kraft des Windes ist der Umstand, daß eine derart hergestellte Ventilationsanlage gerade dann am besten funktioniert, wenn eine gute natürliche Ventilation durch den herrschenden Wind besteht. Zur Zeit der Windstille, besonders im Sommer, wo die natürliche Ventilation darniederliegt und in den Räumen eine

drückende Schwüle herrscht, ist es auch mit der Unterstützung der künstlichen Ventilation durch den Wind nichts. — Die beschriebenen Anlagen sind vielfach bei heftiger Luftverderbnis viel zu unverläßlich.

Künstlich erzeugte Temperaturdifferenzen als Motor oder unterstützender Faktor der Ventilation.

Zu diesem Zwecke können entweder besondere Heizkörper (Heizflammen) in den Ventilationsweg verlegt werden, die dann nur Ventilationszwecken dienen, oder es können bestehende Heizanlagen auch dem Ventilationszwecke nutzbar gemacht werden.

Dies geschieht im Haushalte durch Benutzung der Ofenheizung, bei großen Räumen und Etablissements durch Verbindung der Lüftung mit der Zentralheizung oder auch durch Ausnutzung der Gasbeleuchtung und in der Industrie durch Verwertung der Feuerungen (Kesselfeuerung, Herde) und der Abfuhrwege der Feuerungsgase (Kamine etc.).

Die letzteren Methoden sind praktisch und ökonomisch. Die Anbringung von Lockflammen und Anlage besonderer Locköfen in den Lüftungskanälen kommt verhältnismäßig sehr teuer. Wenn eine Zentralheizung besteht, kann ein Heizkörper in den Abzugskanal verlegt werden.

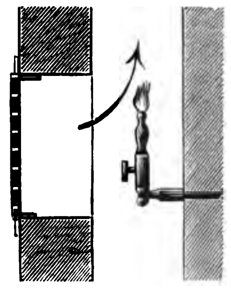


Fig. 16.
Lockflamme im Ventilationskanal (schematisch).

Eine Lockgasflamme in der in nebenstehender Figur veranschaulichten einfachen Weise angebracht, saugt (nach Rubner-Nowak) bei Verbrennung von 1 m^3 Leuchtgas etwa 600—800 m^3 Luft an. Man kann die Ventilation beliebig und bequem in Gang setzen, regulieren und einstellen. Eine derartige Anlage eignet sich — wie bekannt — vorzüglich zur Ventilation von chemischen Herden (Digestorien etc.) und wird daher auch in der Industrie zu ähnlichen Zwecken vielfach verwendet.

Gasbeleuchtungskörper (Kronleuchter) werden der Ventilation in der Weise nutzbar gemacht, daß man die heißen Verbrennungsgase in einer Röhre deckenwärts abführt; diese stark erhitzte Röhre wird von dem Luftkanale umgeben.

In ähnlicher Weise fungieren die ventilierenden Sonnenbrenner (nach Siemens). Die in konzentrischen Kreisen einander sehr nahe gestellten, einzelnen Flammen vereinen sich zu einer

Hauptflamme in Kranzform, deren Licht von einem Schirme nach unten reflektiert, die Verbrennungsgase aber durch eine zentrale Öffnung in einer Röhre gesammelt werden, die in den Ventilationsweg eingeleitet, den Auftrieb in demselben verstärkt.

Die Ausnutzung der Zimmerofenwärme zur Herstellung einer rationellen Ventilation geschieht, wie schon auf Seite 64 angedeutet wurde, in der einfachsten Weise so, daß der Luftzufuhrskanal in der Zwischendecke, respektive im Zwischenboden, unter dem zu ventilierenden Raume durchgeführt, hinter dem Ofen ausmündet. Dadurch wird es überflüssig, die Zufuhrsöffnung der Winterventilation über Kopfhöhe anzulegen, da die Frischluft hinter dem Ofen vorgewärmt und hinaufgetrieben wird, so daß Zugbelästigung vermieden ist. Sobald nicht geheizt wird, fungiert das System als „Sommerventilation". Dasselbe Prinzip findet sich in vervollkommneter Weise bei den soge-

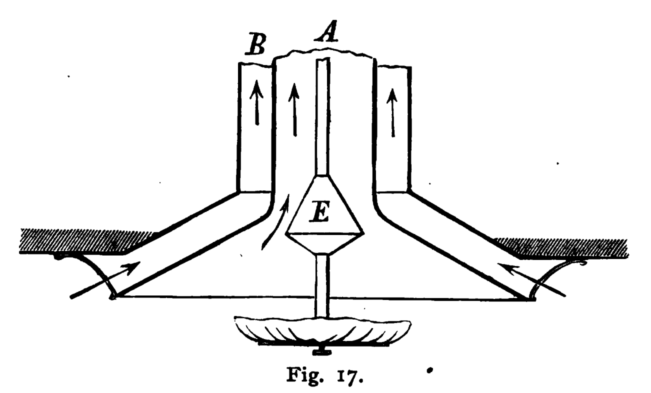


Fig. 17.
Ventilation durch einen Kronleuchter.

nannten Ventilationsöfen verwertet, welche sehr empfehlenswert sind. Es sind dies eiserne (Meidinger) Öfen mit einem Blechmantel umgeben, welcher oben gitterförmig durchbrochen ist. Der Mantel steht unten mittels zweier mit regulierbaren Klappen versehenen Öffnungen einerseits mit dem im Zwischenboden hingeführten Frischluftkanale und anderseits mit dem Zimmerraume in Kommunikation. Die Klappen stehen nun derart in Verbindung, daß, wenn die eine ganz oder teilweise geöffnet wird, sich die andere entsprechend ganz oder teilweise schließt. Man hat es daher in der Hand, ob man vorgewärmte Frischluft einströmen oder ob man die Zimmerluft durch den Ofenmantel zirkulieren lassen will. Man kann auch bei halbem Schlusse, beziehungsweise halber Öffnung beider Klappen die beiden Luftarten gemischt den Ofenmantel passieren lassen.

Dieses System ist in Schulen, Instituten, Hörsälen etc. besonders häufig und mit gutem Erfolge in Anwendung.

Von den Zentralheizungsanlagen ist es die Zentralluftheizung, deren System mit einem Ventilationssystem in inniger Verbindung steht. Während die übrigen Zentralheizungsanlagen — abgesehen von der erzeugten Erhöhung der Temperaturdifferenz — in der Regel, wenn nicht besondere Vorkehrungen getroffen sind, die Raumluft viel eher verschlechtern als verbessern, da sie in den einzelnen Räumen stets nur mit Zirkulation der Wärme, d. h. aber- und abermalige Erwärmung bereits gebrauchter Zimmerluft heizen, so ist dies bei der Luftheizung anders. Die Luftheizungsanlage heizt mit Ventilation. Das Prinzip ist: Vorwärmung der Frischluft und Abführen der einmal gebrauchten Luft. Der Wärme erzeugende Körper (Calorifère) steht nicht im Zimmer, sondern er ist in eine Erweiterung des Frischluftkanals (die Heizkammer) eingesetzt. Von der Luftentnahmestelle strömt die Frischluft in der Regel in eine Luftkammer, wo sie der Reinigung unterzogen wird (auch Filterkammer genannt), dann folgt die Heizkammer, in welcher der Calorifère angebracht ist. Durch die mit regulierbaren Verschlüssen versehenen Warmluftkanäle strömt die Luft in den Wohnraum, in welchem sie aufsteigt und durch die Abluftkanäle ins Freie geleitet wird.

Je nachdem, ob der Calorifère mit Dampf oder Heißwasser oder mittels einer Feuerung (Ofen) geheizt wird, unterscheidet sich die Luftheizung in eine Dampf-, Heißwasser- oder Feuerluftheizung.

Die ganze Anlage wird dann entsprechend ausgestaltet, mit einer Luftbefeuchtungsvorrichtung u. s. w. versehen, so daß man die Herstellung der Qualität der zu liefernden Luft ganz in der Hand hat.

Die Details einer solchen Anlage, sowie näheres über die Zentralheizungsanlagen und deren Berechnung überhaupt, möge der Leser aus Baron Seillers Abhandlung „Über die Zentralheizung" (erschienen 1903 in Hartleben's Verlag) schöpfen.

Zum Schlusse dieses Kapitels als Beispiel noch einige Worte über die Lüftung von Theatern, da ich es nicht für überflüssig halte, der auf diesem Gebiete ausgeführten Anlagen speziell zu gedenken. Die neueren dieser Anlagen stellen tatsächlich Monumentalbauten auf hygienisch-technischem Gebiete dar. Aus der Großartigkeit dieser Herstellungen und aus den enormen Summen, welche zu diesem Zwecke geopfert wurden, läßt sich auf die gewaltige Bedeutung der Luftökonomie für ein derartiges Gebäude schließen.

Die Frage der Heizung und Luftzufuhr ist bei solchen Bauten oft außerordentlich schwer zu lösen, da hier insbesondere die Luftverteilung in einem gewaltigen, in allen seinen Winkeln und Nischen eine sozusagen Kopf an Kopf gedrängte Menschenmenge beherbergenden Raume schwierig ist. Die Erfahrung hat jedoch gelehrt, daß die geringsten Fehler in dieser Beziehung sich sehr schwer rächen können. In einem fehlerhaft geheizten und schlecht gelüfteten Theater auszuhalten, ist vielen eine Pein. Der Umstand, daß man auf den meisten Plätzen stundenlang vollkommen festgebannt ist, verursacht eine besondere Empfindlichkeit. Wenn ein derartiges Gebäude dann den Ruf hat, „daß man sich dort erkältet", dann verzichtet ein Großteil des Publikums lieber auf den Kunstgenuß.

Die Schwierigkeiten, auf welche man beim nachträglichen steten Nachhelfen und Verbessern an Ventilation und Heizung alter Theatergebäude stieß, waren Veranlassung dazu, daß man bei Neubauten lieber das an sich Vollendetste zu erreichen trachtete.

Eine großartige Ventilationsanlage besitzt das k. k. Hofburg-Theater in Wien. Die Luft wird durch eine mit einem Kiosk überdeckte Einströmungsöffnung im Volksgarten geschöpft. In den Frischluftkanal, welcher einen ziemlich langen und geräumigen, betonierten Tunnel darstellt, ist ein gewaltiger Schraubenventilator eingesetzt, der die Luft in die Zentralluftkammer einsaugt; von da durchdringt die Luft die umfassenden Calorifère-Anlagen, um dann mit der genau regulierten Geschwindigkeit und Temperatur langsam durch unter den Sitzen ausmündende Warmluftkanäle in das Haus einzuströmen und dasselbe durch eine unter dem Kronleuchter gelegene Hauptabfuhrsöffnung in den mit einem Saugkopfe versehenen Abluftkanal zu verlassen. Die ganze Anlage wird während ihrer Tätigkeit von einer zentralen Regulier- und Registrierstation beherrscht. Die Kosten beliefen sich auf 1,200.000 *K*.

Eine ähnliche vollendete Anlage wurde von der Firma H. Recknagel im königlichen Prinzregenten-Theater in München (Amphi-Theater für Wagner-Aufführungen) projektiert und ausgeführt.

Für das Hof-Theater in Dresden hat Kelling gleichfalls eine tadellose Dampfluftheizungsanlage entworfen, bei welcher die erwärmte Frischluft auch durch unter den Sitzen angebrachte, vergitterte Öffnungen in das Parkett einströmt. Die Logen des I., II. und III. Ranges erhalten die Frischluft von den Logengängen aus, in welche dieselbe gedrückt wird; der IV. Rang erhält die Luft aus den Sitzstufen, beziehungsweise einem freien Teile des Fußbodens, während der V. Rang durch

zehn in der Decke angebrachte Öffnungen versorgt wird. Die verwendeten Motoren sind zwei Schleudergebläse. Die Abluft entweicht über dem Kronleuchter. Auf den Abluftkanal wirkt ein unter dem Dachboden aufgestellter, von einer unter Dach untergebrachten Dampfmaschine getriebener Sauger. Hier sind demnach in doppelter Weise mechanische Motoren in Tätigkeit, um die durch die Luftverteilung bewirkten Widerstände erfolgreich und sicher zu überwinden.

Die Industrie hat besonders häufig Gelegenheit, die mannigfaltigen, den technischen Zwecken dienenden Wärmequellen zu Ventilationszwecken auszunutzen. Wenn eine derartige Wärmequelle, ein Herd, eine Feuerung, ein Schmelzofen etc. mit einer entsprechenden Überdachung, welche sich in einem zweckmäßig ausgestalteten Abluftkanal verjüngt, versehen wird, ist ein konstanter Zug in der Regel verbürgt, welcher nicht nur die eventuell entweichenden Abgase und Dünste dieses Herdes, respektive Schmelzofens mit sich fortführt, sondern auch die Ventilation des ganzen Raumes wesentlich fördert.

Ferner läßt sich der Schornsteinzug durch Einführung der Dunstschläuche oder auch in der Weise ausnutzen, daß man den stark erhitzten, die Verbrennungsgase führenden Rauchschlauch mit dem Ventilationskanale umgibt (ähnlich wie wir dies bei der Ventilation mittels Beleuchtungskörpern besprochen haben).

In sehr geistreicher Weise wird von manchen Fabriken die im Kommenden zu besprechende mechanische (maschinelle) Ventilation mit der Ventilation der Esse, respektive Feuerung in Wechselwirkung gebracht, indem der Lüftungskanal, auf welchen die Gebläse wirken, z. B. die transportierten Späne oder brennbaren, schädlichen Gase, zeitweilig oder kontinuierlich in die Feuerung ausbläst. Durch eine derartige, vom technisch-ökonomischen und vom hygienischen Standpunkte außerordentlich sinnreiche Anlage wird erreicht:

1. Die Verbrennung und das Unschädlichwerden der lästigen und gesundheitsschädlichen Abfallstoffe (Späne, Staub, schädliche und lästige Gase).

2. Billige Zufuhr von Brennmaterial (Späne), billige Reinigung der Werkstatt.

3. Unterstützung der mechanischen Ventilation durch den Feuerungs-, respektive Essenzug.

4. Anfachen der Feuerung durch den Preßwind der Gebläse (siehe auch später über die Ventilation in der Holzindustrie [am Schlusse]).

Mechanische (und maschinelle) Ventilation (Gebläse, „Ventilatoren").

Die Überlegenheit der „mechanischen" Ventilation, d. i. der Lüftung mittels mechanischer, maschineller Kraft und die besondere Verwendbarkeit der nach diesem Prinzipe arbeitenden Anlagen für die Industrie wurde bereits auf Seite 61 hervorgehoben. Einiges über die Theorie der Ventilatoren (Injektoren u. a.), sowie über die Literatur findet der Leser auf Seite 52.

Zu den Literaturquellen fügen wir noch als sehr instruktiv (besonders in theoretischer und rechnerischer Beziehung) hinzu: v. Hauer „Wettermaschinen" und v. Ihering „Die Gebläse", welche Werke über Details der Wirkungsweise, Konstruktion und Berechnung orientieren. Einige Details über die Berechnung der Schraubenventilatoren bringen wir auf Seite 75.



Fig. 18.
Viktoria-Ventilator.

Wir gehen daran, die einzelnen Gruppen der Ventilatoren näher zu besehen und mit Beispielen zu illustrieren.

Die Strahlgebläse (Injektoren) sind Ventilationsapparate mit Wasser-, respektive mit Dampfbetrieb. Das Prinzip besteht darin, daß ein Flüssigkeits-, Dampf- (oder Gas-) Strahl in einen Ventilationskanal eingeleitet, die ihn umgebenden Luftpartikelchen mit sich reißt und hinter sich her ein Vakuum erzeugt, wodurch eine saugende Wirkung hervorgerufen wird.

Störend wirkt bei den meisten Strahlapparaten das hervorgerufene lästige Geräusch. Meist kann diese Art Ventilatoren nur für kleinere Gebäude, Räume oder Fabriksbetriebe angewendet werden.

Als Wasserstrahlgebläse ist der Viktoria-Ventilator von Gumton & Gillet hervorzuheben. Er besteht aus einem U-förmig gebogenen Blechrohre, in dessen beide Schenkel je eine Düse (mit Druckwasserleitung in Verbindung) eingeführt ist (siehe Fig. 18). Unten am Bug des U-Rohres befindet sich das Wasserabfallrohr. Je nachdem man die eine oder die andere Düse (Douche) funktionieren läßt, arbeitet der Apparat im Sinne der Aspiration oder Pulsion.

Als Dampfstrahlgebläse führen wir die Apparate der Firma Brüder Körting in Hannover an. Der in Fig. 19 abgebildete Apparat besteht aus einem Blechzylinder, der in den Abzugskanal eingesetzt wird. In demselben treten in der Achse

zwei Düsen ein, welche den Dampf durch das achsiale Hohlrohr aus dem Dampfkessel erhalten. Unten ist ein schalenförmiger Schutz zum Auffangen des abtropfenden Kondenswassers angebracht. Der Verbrauch an Dampf ist oft ein ganz bedeutender. — Wir erwähnen den nach dem Prinzipe des Viktoria-Ventilators arbeitenden „Hygiea-Wasserdruckventilator" (nach Mestren von Schneider in München verfertigt), ferner des Ärophors, welcher (von der Firma Treutler & Schwarz in Berlin hergestellt) eine Kombination eines Wasserzerstäubungsapparates, nämlich eines Wassertriebrades mit einem Schraubenventilator darstellt, welche getrennt angeordnet auf gemeinsamer Welle sitzen.

Vergl. auch Kapitel über Luftreinigung und Befeuchtung (Seite 86).

Zum Eintreiben von Frischluft sind die Wasserstrahl- und Dampfstrahlgebläse vielfach ungeeignet, nachdem sie eine bedeutende, meist bis zur Sättigung reichende Befeuchtung der Frischluft bewirken, die vielfach aus technischen und hygienischen Rücksichten unerwünscht ist; die Dampfstrahlgebläse erzeugen überdies eine zur Sommerszeit lästige Erhitzung. Die angeführten Ventilationsvorrichtungen eignen sich daher meist nur für Aspirationslüftung.

Luftinjektoren kommen natürlich nur für Betriebe in Betracht, die mit Druckluft arbeiten. So etwa in Kesselschmieden mit pneumatischer Werkzeugeinrichtung (Hammer etc.), ferner in chemischen Fabriken (so in großem Maßstabe in Offenbach a. M.).

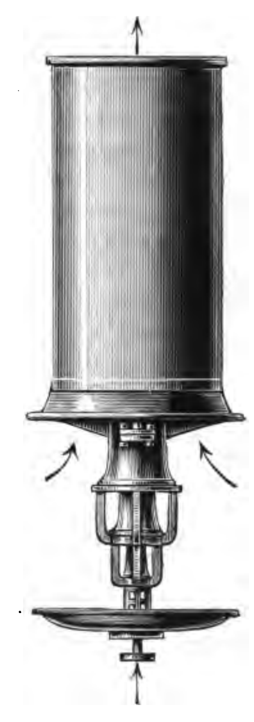


Fig. 19.
Körtings Strahlapparat.

Von den Radgebläsen.

Die Radgebläse werden nach der Art ihrer Konstruktion, nach ihrem Leistungseffekt und der Art des Antriebes eingeteilt.

Wir gehen daran, zunächst die technische Konstruktion, den Leistungseffekt und die Provenienz der einzelnen Erfindungen und Produkte kennen zu lernen.

Die Radgebläse sind ihrer Konstruktion nach entweder Schraubenradgebläse oder Zentrifugalventilatoren. Diese

beiden Hauptgruppen der Gebläse unterscheiden sich wesentlich durch ihre Wirkungsweise, den Wirkungseffekt, die Anordnung, so daß, wie wir sehen werden, Schraubenbläser und Zentrifugalgebläse eigentlich differenten Zwecken dienen.

Bei Berechnung des Kraftverbrauches der Ventilatoren hat man sich im allgemeinen daran zu halten, daß die vom Gebläse verbrauchte Kraft der dritten Potenz der Geschwindigkeit des Ventilators proportional ist, während das gelieferte Luftquantum der Geschwindigkeit genau proportional ist (vergl. auch „Techn. Neuheiten", Jahrg. I, Nr. 1.[1])

Über die Schraubenradgebläse berichten wir in dieser Beziehung noch näheres.

Wie Recknagel hervorhebt („Ges. Ingen." 1898, Nr. 19), ist die Berechnung um so notwendiger, als die von den Ventilatorenfirmen zusammengestellten Tabellen (deren einzelne wir zur Orientierung des Lesers reproduzieren) die Leistung bei freiem Ein- und Austritt der Luft anführen, für einen Fall, der praktisch nicht vorkommt, was bereits oben in Übereinstimmung mit Hartmann hervorgehoben wurde.

Schraubenventilatoren, Propeller.

Nach Recknagel versteht man unter Schraubenventilatoren (Schraubenradgebläsen) im Gegensatze zu den Zentrifugalventilatoren (Schleudergebläsen) alle diejenigen Gebläse, welche auf Grund einer Drehung um ihre Achse einen Luftstrom in der Richtung dieser Achse erzeugen, gleichgiltig, ob die einzelnen Flügel eben oder mehr oder weniger schraubenförmig gewunden sind. („Ges. Ing." 1898, Nr. 10.)

Die Schraubenbläser wirken demnach nach Art der Schiffschraube drückend, respektive saugend auf das Medium, i. e. die Luftsäule in dem Kanale, in welchem sie sich befinden. Die Achse des Bläsers steht demnach mit der Richtung des Kanals parallel. Die Schraubenradgebläse sind daher im allgemeinen bequem anzuordnen, da dieselben einfach quer in den Ventilationskanal, respektive quer in die Ventilationsöffnung der Wand eingesetzt werden und meist keiner besonderen Kanalbildungen, Einkapselung etc., wie dies bei den Schleudergebläsen der Fall ist, bedürfen.

Sie eignen sich wegen der Einfachheit der Anordnung vorzüglich nur zu hygienischen Zwecken, zu technischen Zwecken sind sie wohl seltener in Anwendung; ja auch zur Lüftung von Lokalitäten, in welchen eine besonders arge Luft-

[1]) herausgegeben von Popper, Maschinenhaus, Wien.

verderbnis zustande kommt, d. i. speziell zur Lüftung gewisser Maschinen und Betriebsräume in der Industrie, eignen sich die Schraubenbläser meist nicht. Der Grund liegt darin, daß sie nur eine Pressung von zirka 10—15 *mm* Wassersäule — demnach eine sehr geringe Pressung — zu erzeugen imstande sind. Wo man eines höheren Effektes bedarf, muß man zum Zentrifugalsystem Zuflucht nehmen (demnach schon bei Pressungen über 15 *mm*), und dies ist eben beim technischen Gebrauche beinahe stets und ferner in den meisten Fällen der industriell-hygienischen Verwendung des Gebläsewindes der Fall.

Der Schraubenbläser ist bei entsprechend großer Dimensionierung allerdings dafür imstande, große Quanten Luft mit geringer Pressung zu fördern. Er kommt nach dem Gesagten überall dort zur Verwendung, wo 1. keine zu große Luftverderbnis vorherrscht — demnach bloß Luftverderbnis durch Menschenatmung und Haushalt — d. i. zur Lüftung von Wohnungen, Schulen, Gastlokalen etc. und 2. in großer Dimensionierung unter denselben Bedingungen zur Lüftung von gewaltigen Räumen und haben wir seiner in diesem Sinne bereits bei der Theaterlüftung (Seite 70) erwähnt.

Wir fügen hinzu, daß ein und derselbe Schraubenbläser im Sinne der Pulsion oder der Aspiration wirken kann, je nach seiner Drehrichtung, d. h. durch Umkehrung der Drehrichtung wird auch die Windrichtung umgekehrt.

Die Ausnutzung der aufgewendeten Betriebsarbeit als Ventilationsarbeit beträgt bei Schraubengebläsen nur $^{1}/_{5}$—$^{1}/_{3}$, während bei Zentrifugalgebläsen $^{3}/_{10}$—$^{2}/_{3}$ erreicht werden (Hartmann), d. h. die gleiche Luftmenge gefördert vom Schraubengebläse bedarf mehr Betriebskraft, als wenn sie vom Zentrifugalventilator geliefert wird.

In folgender, von Ingenieur Recknagel (München) ausgearbeiteten Berechnung der Schraubenventilatoren und ihrer Leistung gelten die Bezeichnungen:

D = äußerer Flügeldurchmesser des Ventilators, } in Metern
d = der Kerndurchmesser des Ventilators, d. h. der Durchmesser der erweiterten Nabe bis zum Beginne der Ventilatorflügel, } in Metern

α bezeichnet das Verhältnis $\frac{d}{D}$,

L_0 die bei freiem Ein- und Austritte gelieferte Luftmenge in Kubikmetern pro Sekunde,

n die dazugehörige minutliche Umdrehungszahl,

v_m die mittlere Luftgeschwindigkeit, die der Ventilator hervorbringt. Dann folgt

$$v_m = \frac{L_o}{\frac{D^2\pi}{4} - \frac{d^2\pi}{4}}$$ nachdem $L_o = v_m \,.\, Q$,

worin Q der nach Abrechnung des Kerns bleibende freie („tätige") Querschnitt, also ein Kreisring mit dem Durchmesser $D - d$ ist. Aus $\frac{D^2\pi}{4} - \frac{d^2\pi}{4}$ wird durch Herausheben von $\frac{D^2\pi}{4}$ der Ausdruck $\frac{D^2\pi}{4}\left(1 - \frac{d^2}{D^2}\right) = \frac{D^2\pi}{4}(1 - \alpha^2)$ daher

$$v_m = \frac{L_o}{\frac{D^2\pi}{4}(1 - \alpha^2)}.$$

Um nun die maßgebende Größe K, d. i. das Verhältnis der mittleren Luftgeschwindigkeit durch den freien Ventilatorquerschnitt (jenen Kreisring) zur mittleren absoluten Geschwindigkeit der Ventilatorflügel zu berechnen, kalkuliert Recknagel: „Zerlegt man den freien Durchflußquerschnitt des Ventilators in sehr schmale, konzentrische Ringe von der Breite dx, so ist der Inhalt eines solchen Ringes im Abstande x von der Drehachse $= 2x\pi \,.\, dx$ und die zugehörige, in diesem Ringe vorhandene Rotationsgeschwindigkeit $= 2x\pi \,.\, \frac{n}{60}$ (Meter pro Sekunde).

Addiert man die einzelnen Produkte aus Querschnitt und Rotationsgeschwindigkeit zwischen Kerndurchmesser und Flügelumfang und dividiert die Endsumme durch den Gesamtquerschnitt, so erhält man die mittlere absolute Geschwindigkeit (V_m) des Flügelrotationssystems:

$$V_m = \frac{D\pi n}{180}\,\frac{1 - \alpha^3}{1 - \alpha^2} \text{ (Meter pro Sekunde).}$$

Es berechnet sich also:

$$K = \frac{v_m}{V_m} = \frac{360\, L_o}{(1 - \alpha^3)\, n\, \pi^2 D^3}.$$

Alle zur Berechnung dieser Größe notwendigen Daten sind aus den üblichen Prospekten und Leistungstabellen der Fabriken zu ersehen." — Aus diesen Angaben der Firmen werden wir — wie erwähnt — einiges reproduzieren.

Die Größe K führt Recknagel zu einfachen Formeln, zur Berechnung der Schraubenventilatoren; bezüglich der Entwicklung derselben verweisen wir auf den „Ges. Ingenieur" 1898, Nr. 19.

Hervorzuheben ist, daß K den volumetrischen Effekt darstellt und für alle Größen eines bestimmten Ventilatorsystems gilt.

Die Schlußformeln, zu welchen der Autor gelangt, sind:

$$\text{Ventilatordurchmesser } D = \sqrt[4]{\frac{c_1 L^2}{c_2 U^2 - p}} \text{ (in Metern)}$$

Luftmenge bei freiem Ein- und Austritte

$$L_o = \sqrt{\frac{p D^4}{c_1} + L^2} \text{ (Kubikmeter pro Sekunde)}$$

$$\text{Umdrehungszahl } n = c_3 \frac{L_o}{D_3} \text{ pro Minute}$$

$$\text{Kraftbedarf } N_o = \frac{c_1}{75 \eta} \cdot \frac{L_o^3}{D_4} + n \varphi \text{ (P. S.)}$$

Außer den bereits oben erklärten Größen kommen in den nunmehr angeführten Formeln vor:

L = unter den vorhandenen Widerständen zu fördernde Luftmenge in Kubikmetern pro Sekunde,

U = Umfangsgeschwindigkeit des Flügels in Metern pro Sekunde,

p = Luftwiderstand in Millimetern Wassersäule oder Kilogramm pro Quadratmeter,

c_1, c_2, c_3 sind Konstante, und zwar ist:

$$c_1 = \left[\frac{4}{\pi (1 - \alpha^2)}\right]^2 \frac{s}{2g}; \quad c_2 = \frac{4}{9} K^2 \left[\frac{1 - \alpha^3}{1 - \alpha^2}\right]^2 \frac{s}{2g}$$

worin: s = Gewicht eines Kubikmeters bewegter Luft in Kilogramm,

g = Fallbeschleunigung = 9·81 m pro Sekunde,

c_3 berechnet sich aus:

$$n = c_3 \frac{L_o}{D^3} = \frac{360 \,.\, L_o}{(1 - \alpha^3) K \pi^2 D^3}$$

$$c_3 = n \frac{D^3}{L_o}$$

η = Wirkungsgrad der Flügelkonstruktion an sich

φ = Arbeitsverlust durch Reibung und Kraftübertragung pro 1 Umdrehung des Ventilators.

Diese Größen gehen aus der Relation:

$$N_o = \frac{c_1 L_o^3}{75 \eta D^4} + n \varphi \text{ (P. S.)}$$

hervor, bei bekanntem N_o.

Recknagel stellt in der mehrzitierten Abhandlung die praktischen Werte für die in den Formeln in Rechnung kommenden Konstanten und Größen: $D, \varphi, \alpha, K, c_1, c_2, c_3$ sehr übersichtlich tabellarisch zusammen.

Die Formeln wurden vom Autor praktisch durchgeprüft und haben bei den untersuchten Systemen selbst bei der ungünstigsten Konstruktion in dem Bereiche praktisch vorkommender Fälle befriedigende Resultate ergeben. Zu dem Resultate für n_0 (Kraftbedarf) genügt für die Praxis ein Zuschlag von 10—20%, um die Größe der Motoren ausreichend zu wählen.

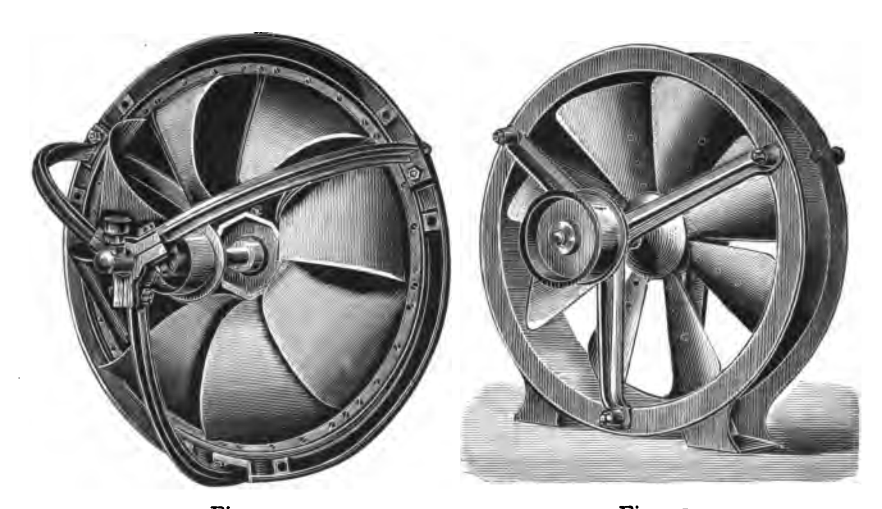


Fig. 20. **Luftpropeller.** **Fig. 21.** **Schraubenventilator.**

Wir lassen einige Beispiele bezüglich der Leistung, Maß und Preis von Schraubenventilatoren folgen, um den Leser praktisch zu orientieren.[1])

Durch verhältnismäßig geringen Kraftverbrauch zeichnen sich die in Fig. 20 und 21 abgebildeten Ventilatoren aus (Charles Schulz, Mühlhausen und Popper, Wien).

Die folgenden Tabellen geben dem Leser eine Übersicht der Dimensionen und der Leistung dieser Ventilatoren für Riemenbetrieb, elektrischen Betrieb und Druckwasserbetrieb, welche Angaben einen für die Praxis wertvollen Vergleich bezüglich der Wahl der Art des Antriebes zulassen:

---

[1]) An dieser Stelle nehme ich Gelegenheit, den P. T. Firmen, die mich durch Beiträge unterstützten, meinen Dank abzustatten.

a) Für Riemenbetrieb gilt folgende Zusammenstellung:

	Flügeldurchmesser in *mm*	Durchmesser und Breite der Riemenscheibe in *mm*	Tourenzahl pro Minute	Luftförderung in m^3	Kraftverbrauch in Pferdestärken	Preis in Mark
1.	360	50× 30	1000—1600	40— 75	1/8— 3/8	70·—
2.	460	75× 40	700—1150	60— 95	1/4— 1/2	93·—
3.	610	100× 60	475— 850	90— 170	1/3— 3/4	133·—
4.	765	125× 70	425— 750	170— 270	3/8—1 1/4	200·—
5.	900	150× 80	375— 650	250— 400	1/2—1 1/2	265·—
6.	1000	180× 90	330— 575	360— 620	3/4—1 3/4	330·—
7.	1200	210×100	300— 575	430— 860	1 —2 1/2	400·—
8.	1400	225×100	275— 500	620—1050	1 1/4 - 3	490·—
9.	1550	250×115	250— 450	700 - 1300	1 1/4—3 1/2	590·—
10.	1800	300×130	200— 350	1000—1800	2 —5	790·—
11.	2000	400×160	180— 320	1150—2100	2 1/2—6	950·—

Nachdem, wie bereits erwähnt, diese Werte für den freien Luftdurchtritt gelten, ist der faktische Bedarf durch Einsetzung derselben in die Recknagelschen Formeln zu ermitteln (siehe Seite 76). Dies gilt auch für die übrigen Zusammenstellungen

b) Leistung mit elektrischem Antrieb:

No.	Durchmesser der Flügel in *mm*	Motor Type	Tourenzahl in der Minute	Entsprechende Luftbewegung in m^3	Stromverbrauch in Ampère	Spannung in Volt
1	360	K 2	1000—1600	40— 75	0·9	110
2	460	K 3	700—1500	60— 95	2·3	65
3	610	K 4	475— 850	90—170	4·3	65
4	765	K 5	425— 750	170—270	8·5	65

Der Antrieb erfolgt durch Gleichstromelektromotoren.

c) Leistung mit Druckwasserbetrieb:

No.	Durchmesser der Flügel in *mm*	Tourenzahl in der Minute	Entsprechende Luftbewegung in m^3	Wasserverbrauch in 10 Stunden m^3	Preise in Mark
1	200	525—1150	12—18	1 —1 1/2	55·—
2	250	550—1000	15—25	1 —1 3/4	70 —
3	360	400— 800	20—35	1 1/4—2	120·—
4	460	300— 600	30—50	1 3/4—2 1/4	160·—
5	610	225— 450	50—80	2 3/4—3 1/4	210·—

Durch eine eigenartige einfache und besonders zweckmäßige Flügelkonstruktion zeichnet sich der vielfach und insbesondere auch in der Industrie bewährte „Sirocco"-Luftpropeller (White, Child & Beney, Wien) aus. Das Fabrikat ist für Riemenantrieb und auch für direkten elektrischen Antrieb mit Gleich-, Wechsel- und Drehstrommotor, direkt gekuppelt, eingerichtet. Über die Dimensionierung und Leistung orientiere nachfolgende Tabelle (von den zahlreichen Größenvariationen sind drei Dimensionen herausgegriffen):

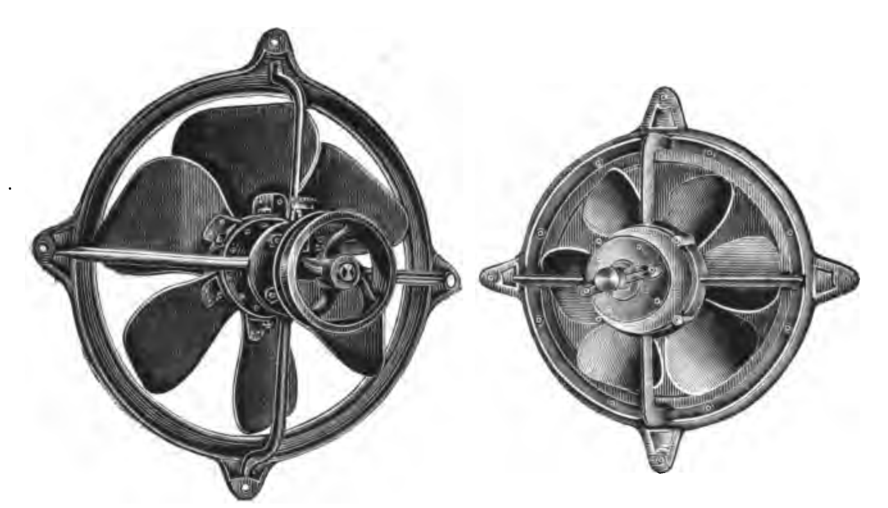


Fig. 22 a. „Sirocco"-Luftpropeller für Riemenbetrieb.

Fig. 22 b. „Sirocco"-Luftpropeller, direkt gekuppelt mit Elektromotor.

Flügelrad-durchmesser in *mm*	Umdrehungszahl pro Minute	Leistung in m^3 bei freiem Luftdurchschnitt	Riemenscheibendurchmesser × Breite in *mm*	Kraftbedarf	
				Pferdestärken	Watt
318	700—1400	27— 54	95×48	1/6	73
1016	275— 550	255— 710	305×152	3	900
1524	150— 375	653—1600	457×229	7	2600

Während die meisten Schraubenventilatoren die Luft vermöge ihrer Konstruktion bloß achsial aufnehmen und so eine rein zylindrische Luftströmung erzeugen, hat der in Fig. 23 a und b abgebildete „Challenge"-Luftpropeller (Neuwinger & Comp. in Wien) den Vorteil, daß er die Luft nicht nur in achsialer,

sondern auch in radialer Richtung ansaugt und in dieser Weise auch verteilt, d. i. gleichsam zerstreut, so daß die durch die Ventilation eventuell hervorgerufene Zugempfindung herabgemindert wird. In Fabriken, in welchen Raummangels halber nichts übrig blieb, als den Ventilator in der Nähe eines Arbeitstisches aufzustellen, wird dem „Challenge"-Systeme nachgerühmt, daß auch die in der nächsten Nähe des Propellers arbeitende Person in keiner Weise belästigt werde; der erwähnte Propeller wird meist mittels Riementransmission angetrieben.

Die Leistung möge der Leser folgendem Durchschnittswerte entnehmen:

Bei 1050 *mm* Flügeldurchmesser bei den Riemenscheibenmaßen von 184 × 70 *mm* und 580 Touren pro Minute fördert



Ansicht. **Vertikalschnitt.**

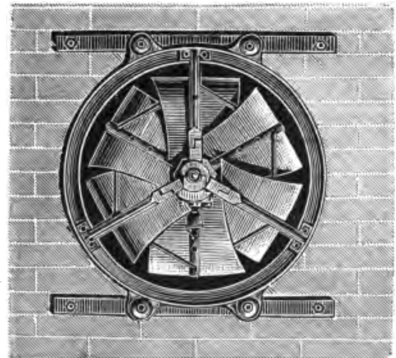


Fig. 23 a.

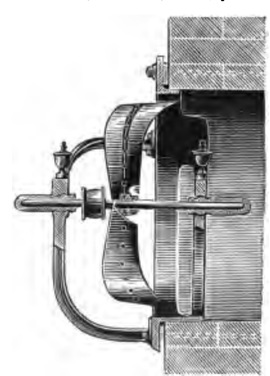


Fig. 23 b.

Anbringung eines „Challenge"-Luftpropellers an einer Mauerbefestigung auf zwei Flacheisenschienen.

der Ventilator 975 m^3 und braucht $1^1/_2$ P. S., dies ist eine relativ sehr bedeutende Leistung bei geringem Kraftverbrauch.

Zentrifugalventilatoren, Exhaustoren.

Diese Gebläse treten überall dort in Anwendung, wo eine höhere Pressung des Gebläsewindes (über 15 *mm* Wassersäule) erzeugt werden muß; diese Anforderung tritt uns entgegen, sobald der Gebläsewind technischen Zwecken dienen soll, des ferneren auch wenn — wie in der Industrie — bedeutend verunreinigte Luftmassen im Interesse des Bestandes und der Wohlfahrt eines Betriebes prompt und verläßlich unmittelbar von der Arbeitsmaschine, dem Apparate oder Fabriksraume

weggeschafft, gleichsam herausgeschöpft werden müssen; daher die Benennung Exhaustoren.

Das Prinzip, nach welchem diese Apparate arbeiten, ist folgendes:

Der achsial eintretenden Luft wird durch den Ventilator vermöge der zur Geltung kommenden Zentrifugalkraft eine radiale Beschleunigung zuteil. Die achsial eintretende Luft wird also radial „herausgeworfen". Die Konstruktion des Flügelrades weist demnach radial an einer Achse sitzende, ebene oder gekrümmte Flügel auf. Das Flügelrad ist in einem gußeisernen (bei Mitteldruckbläsern) oder blechernen (bei Hochdruckbläsern) Gehäuse untergebracht. Die Luft tritt von der Nabe aus zwischen die Flügel ein und wird durch deren Bewegung nach außen geschleudert.

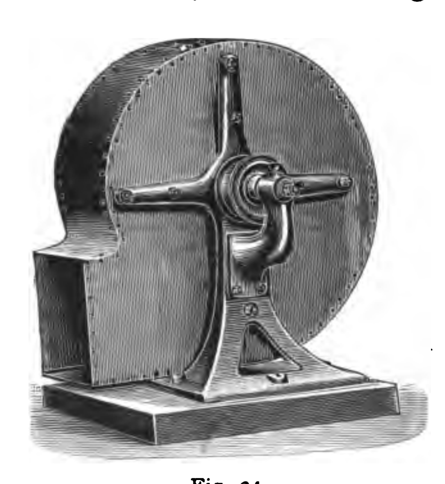


Fig. 24.
Exhaustor im Blechgehäuse (Zentrifugalventilator von Schultz aus „Technische Neuheiten").

Das Gehäuse hat eine tangential angebrachte Ausblaseöffnung (Blasehals) und ferner eine (auf einer Seite) oder zwei Öffnungen (auf beiden Seiten) an der Achse zum Einsaugen. (Siehe Fig. 24.)

Je nach der erzeugten Windpressung teilt man die Zentrifugalgebläse in Mitteldruck- und Hochdruckgebläse ein.

Die Mitteldruckventilatoren (bei einer Pressung bis 120 *mm* Wassersäule anzuwenden) dienen vor allem hygienischen Zwecken in der Industrie. Sie können sowohl saugend als blasend in Aktion treten. Diese Gebläse sind es, welche zum Absaugen schwerer Dämpfe, zum Spänetransport, zur Staubabsaugung verwendet werden. Es bedarf allerdings auch solcher Gebläse in der Technik mitunter, wie z. B. zum Aufheben eines nicht erwünschten bestehenden Überdruckes, wie dies bei Gasentwicklungssystemen, der „trockenen Destillation" aus Retorten und Muffeln, welche von dem in ihnen sich entwickelnden Gasdruck befreit werden müssen, der Fall ist (Steinkohlendestillation, Zink u. a. m.). — Für andere technische Zwecke jedoch genügt auch eine Windpressung bis 120 *mm* nicht. Man muß zu Hochdruckgebläsen greifen, welche

Pressungen bis 500 *mm* Wassersäule zu erzeugen imstande sind. Diese Gebläse (schnellaufende Zentrifugalbläser) ersetzen in vorzüglicher Weise die Kapselgebläse. Sie stehen daher überall dort, wo maschinelle Kraft zu Gebote steht, in der Eisen-, Schmiede-, Glasindustrie, demnach in allen größeren Etablissements dieser Branchen in Anwendung. Sie dienen vortrefflich zum Blasen des Schmiedefeuers, der Kupolumschmelz-, Schweiß-, Puddel- und Glasofen, sowie für Sandstrahlapparate und zur Getreideelevation.

Die „technischen Neuheiten"[1]) heben folgende Vorteile der Hochdruckzentrifugalbläser hervor: Sie liefern im Vergleiche zu ihrer Größe eine erheblich größere Luftmenge als entsprechende Kapselgebläse (Roots-Blower) und stehen denselben nur dadurch nach, daß die gewünschte Luftpressung nicht in so weiten Grenzen variabel ist, wie es mitunter zu technischen Zwecken erwünscht wäre, sie sind jedoch bedeutend billiger, erfordern weniger Betriebskraft, machen nur wenig Geräusch und nutzen sich nicht so schnell ab wie die Kapselgebläse.

Auch diese Ventilatoren können sowohl saugend als drückend angewendet werden.

Die Leistung, die Dimensionen und den Preis der gebräuchlichen Exhaustoren (Mitteldruckventilatoren mit Blechgehäuse) entnehme der Leser folgender Zusammenstellung (nach Schultz-Popper). Diese Fabrikate sind mit Ausrücker (Voll- und Leerscheibe) und mit Ringschmierrotgußlager versehen.

No.	Durchmesser der Flügel in *mm*	Durchmesser und Breite der Riemenscheibe in *mm*	Tourenzahl per Minute	Luftförderung in m^3	Kraftverbrauch P. S.	Durchm. der Saugöffn. in *mm*	Ausblaseöffnung in *mm*	Gewicht in *kg*	Preis in Mark
1	250	50×50	2800—3300	15—18	0·2—0·3	120	120×120	38	65
3	380	80×55	1800—2150	40—48	0·7—0·8	200	200×200	80	110
6	800	200×110	950—1100	230—270	3·5—5·0	440	440×440	400	335
9	1500	400×150	475—560	850—1000	13—16	900	800×800	1450	1435

Die Leistung der Hochdruckventilatoren (Gußeisengehäuse) für verschiedene Zwecke ist aus folgender Zusammenstellung zu ersehen (Schultz-Popper):

[1]) Mir durch die Güte der herausgebenden Firma Popper, Maschinenhalle in Wien, zur Verfügung gestellt.

Nr.	Durchmesser der Windleitung oder Ausblasöffnung in *mm*	Durchmesser der Flügel in *mm*	Durchmesser und Breite der Riemenscheibe in *mm*	Zum Schmieden unter 150 *mm* Druck			Zum Schmelzen unter 320 *mm* Druck			Zum Ventilieren und Trocknen			Gewicht in *kg*	Preis in Mark
				Feuer 30 *mm* Düse	Touren pro Minute	Pferdestärke	Zentner Eisen pro Stunde	Touren pro Minute	Pferdestärke	m^3 Wind pro Minute	Touren pro Minute	Pferdestärke		
1	90	300	70—50	1—3	3000–3500	0·25	15	5500	1·25	25	2700	0·25	60	75
2	110	350	80—60	3—6	3000–3350	0·4—0·75	15—25	5000	1·75	35	2500	0·50	75	105
5	175	600	150—90	15—20	1650–1800	2·6—3·2	50—70	2300	6·00	80	1450	1·75	320	285
8	270	850	225—125	35—45	1150–1300	4·6—5·2	125—150	1625—1775	9—10	225	1100	3·25	625	550
11	400	1200	300—180	80—100	775–850	8·2—9·5	240—300	1100—1200	14—15	400	500	6·25	1600	1000
13	500	1500	350—200	110—120	625–675	11—12	300—375	875—950	18—20	600	350	9·5	2200	1400

Von den usuellen Zentrifugalventilator-Konstruktionen abweichend, ist der „Sirocco-Saugzugventilator" von White, Child und Beney (in Wien) hergestellt. Um den Effekt zu erhöhen, werden bei diesem Systeme wesentlich folgende Neuerungen eingeführt: Der in Fig. 26 abgebildete Ventilator ist[1]) mit einer sehr großen Anzahl Flügel versehen, welche radial, also in der Richtung gegen die Welle kurz sind, dagegen sind dieselben parallel zur Welle gemessen, sehr lang. Die Lufteinlaß- und Ausströmöffnung sind fast von gleichem Durchmesser wie das Flügelrad des Ventilators. Es treten keine

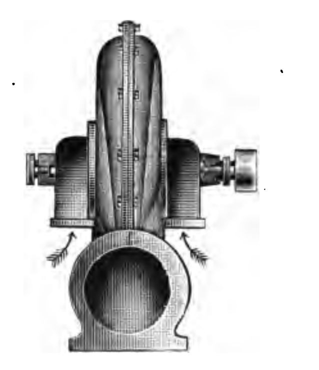


Fig. 25 a.

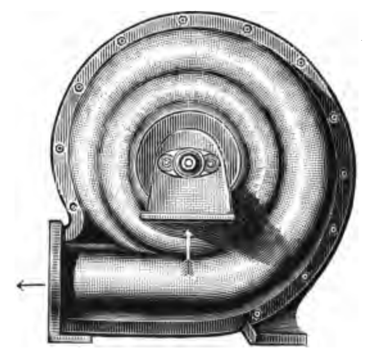


Fig. 25 b.

Hochdruckventilator mit gußeisernem Gehäuse und zwei Saugöffnungen an der Achse (Neuwinger, Wien).

schädlichen Luftwirbel auf. Die Geschwindigkeit der die Ausströmungsöffnung verlassenden Luft ist zirka 80% größer als die Umfangsgeschwindigkeit des Flügelrades.

Dadurch, daß die Lufteinlaß- und Ausströmöffnungen ungefähr viermal größer sind als bei anderen Zentrifugalventilatoren, sinkt der Reibungswiderstand, welcher der geförderten Luft durch den Apparat geboten wird, auf zirka $^1/_{16}$ herab, wodurch sich der Arbeitseffekt bei gleichem Kraftaufwande erhöht (bei verhältnismäßig geringem Gewichte und kleinen Maßen des Ventilators).

Diese Ventilatoren können mit Riementransmission angetrieben oder auch direkt mit der Dampfmaschine, einem Elektromotor oder Wassermotor gekuppelt werden.

Für die Wahl der Antriebskraft ist natürlich bei Anwendung der mechanischen Ventilation stets an erster Stelle

---

[1]) nach den liebenswürdigen Angaben der Firma White, Child und Beney.

das ökonomische Moment entscheidend und es wird daher die im Überschusse zur Disposition stehende Kraft gewählt werden, je nach der Art des Betriebes.

Eine orientierende Zusammenstellung über die Leistung von Ventilatoren bei verschiedener Antriebskraft brachten wir auf Seite 79.

Ansicht der Lagerung.

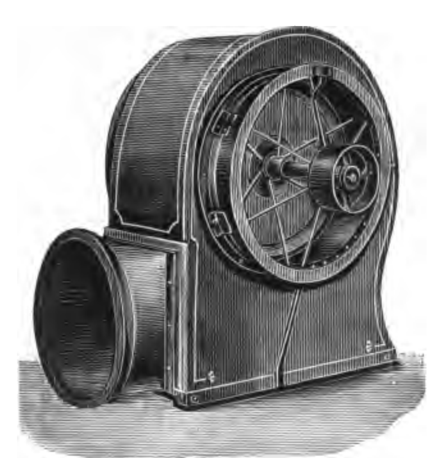


Fig. 26 a.

Ansicht von der Einströmungsöffnung aus.

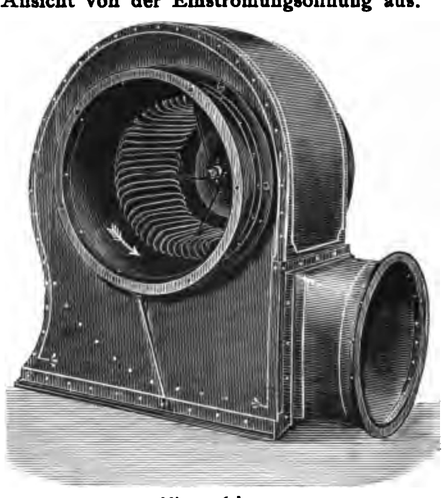


Fig. 26 b.

„Sirocco" Zentrifugalventilator (White, Child & Beney).

Anhang zum allgemeinen Teile.

Luftreinigung, Luftbefeuchtung.

Wir folgen in diesem Kapitel, das, obzwar es an sich eines besonderen Interesses wert wäre, hier nur anhangsweise besprochen werden kann, den vorzüglichen Darstellungen Hartmanns,[1] Villarets[2] und Schmidts,[3] indem wir die wichtigsten Gesichtspunkte in gedrängter Kürze wiedergeben und auf die von diesen Autoren besprochenen Details verweisen.

Bei jeder Ventilationsanlage muß mit möglichst einwandsfreier und reiner Luft ventiliert werden. Die Luft muß frei von Beimengungen, staubfrei sein und muß den richtigen Feuchtigkeitsgrad haben. Die Luftentnahmstelle muß daher so gewählt

---

[1]) Hartmann in Albrechts Gewerbehygiene und Börners Jahresbericht der Berliner Hygieneausstellung.

[2]) Villaret in Börners Jahresbericht der Berliner Hygieneausstellung.

[3]) Schmidt in Weyls Handbuch der Hygiene, IV. Band.

werden, daß die Luft womöglich ihre natürliche gute Qualität besitze, d. h. daß sie aus der freien Natur stamme (aus Anlagen, Gärten etc.). Luft in natürlich gutem Zustande zu erhalten, ist oft recht schwer möglich, ja unmöglich (insbesondere in Industrieorten). Die Qualität der eingesaugten Luft muß daher vielfach künstlich gebessert werden, bevor dieselbe zu Ventilationszwecken benutzt wird.

Die praktischeste Art der Luftreinigung ist die Luftbefeuchtung; die zu diesem Zwecke in Verwendung stehenden Apparate, welche geeignet sind, der Luft den für das Menschendasein günstigsten Feuchtigkeitsgehalt zu verleihen, sind meist zugleich imstande, den Luftstaub niederzureißen oder die Luft wenigstens teilweise vom Staube zu befreien.

Den Begriff des Sättigungsdefizits und der relativen Feuchtigkeit und deren Bedeutung als maßgebende Faktoren beim Einflusse der Luftfeuchtigkeit auf den Menschen erörterten wir auf Seite 8.

Erfahrungsgemäß bedarf es einer relativen Feuchtigkeit von zirka 50—70%, damit das Wohlbefinden des Menschen nicht ungünstig beeinflußt werde.

Bei den Lüftungsanlagen, insbesondere bei jenen, wo mit der Lüftung gleichzeitig eine bedeutende Erwärmung der Luft verbunden ist (wie bei der Luftheizung) kann das Defizit der Feuchtigkeit leicht sich bis zur Unerträglichkeit steigern, wenn nicht besondere Vorkehrungen getroffen sind.

Hierzu kommt noch der für die Industrie auch vom technischen Standpunkte bedeutungsvolle Umstand, daß bei manchen industriellen Prozessen die Luft der Arbeitsräume eine besondere Austrocknung erleidet und daß gerade diese Austrocknung einen ungünstigen Einfluß auf die Produktion übt; so vor allem in Spinnereien und Webereien (siehe auch später Kapitel über Textilindustrie), wo man streng auf die Erhaltung eines Feuchtigkeitsgrades von zirka 70—80% sehen muß.

Die zur Luftbefeuchtung dienenden Methoden sind kurz angeführt folgende:

Der Wasserdampf kann entweder der Luft des Lokales (Arbeitsraumes) direkte zugeführt oder im Ventilationswege entwickelt und der Frischluft beigemengt werden. Letzteres ist besonders bei Luftheizungsanlagen anzuraten, ja sogar notwendig, wo die Luftbefeuchtungsanlage dann am vorteilhaftesten in der Heizkammer angebracht wird.

Am einfachsten ist die Aufstellung von flachen Schalen, Befeuchtungspfannen (nach Käuffer) [Verdunstungspfannen] zu Luftbefeuchtungszwecken.

Doch eignet sich diese Anordnung nicht zur Abgabe großer Wassermengen.

Man kann ferner nasse Tücher in den Luftkonsumräumen (Arbeitsräumen) aufhängen, um der Luft den nötigen Wassergehalt zu verleihen. Diese Verdunstungstücher, welche mitunter als endlose Tücher in Wasser eintauchend und auf zwei mittels einer Transmission angetriebenen Walzen gespannt, recht vollkommenes in der Luftbefeuchtung leisten, verschmutzen bald und nehmen viel Platz weg.

Weit vollkommenere Luftbefeuchtungsapparate bestehen darin, daß die durch Gebläse eingesaugte Luft einen Kasten oder „Pfeiler" durchströmt, in welchem das Wasser über übereinander gestellte Mauersteine oder über ein Werk von kreuzweise übereinander gelegten rauhen Tannenlatten herabrieselt. Je nach der herrschenden Außentemperatur wird hierbei entweder frisches, kaltes Quellwasser oder warmes Kondenswasser in die Befeuchtungsanlage eingeleitet.

Andere zweckmäßige Befeuchtungsvorrichtungen beruhen darauf, daß die Luft durch Wasserschleier (gebildet von kaskadenförmig herabrinnendem Wasser) oder Wasserschichten durchgetrieben wird. Letztere Methode kann mehr oder weniger nur für Luft von hoher Pressung Anwendung finden, da dem Systeme ein bedeutender Widerstand geboten wird.

Ein bedeutender Effekt wird erreicht, indem die Luft zerstäubtem Wasser entgegengeführt wird; hierbei kommt es gleichzeitig zu einer vollkommenen Löschung des in der Frischluft enthaltenen Staubes.

Ein derartiges sehr zweckmäßiges System sind die Wasserregenkammern: zementierte Kammern, in welchen aus gelochten Rippenröhren von der Decke herab ein feiner Regen fällt; solche Kammern muß die Luft eventuell zu wiederholtenmalen passieren.

Brausen und Douchen, ferner Düsen können zur Luftbefeuchtung verwendet werden; wir verweisen diesbezüglich auf die auf Seite 72ff. erörterten Strahlgebläse, welche nicht nur als Gebläse, sondern auch als Luftreinigungs- und Luftbefeuchtungsanlagen fungieren (Viktoria-Ventilator, Körtings Düse etc.). Selbstredend können derartige Brauseanlagen auch nur der Luftbefeuchtung dienen, ohne daß man sie zur Luftförderung ausnutzt, man sendet vielmehr das zerstäubte Wasser dem Luftstrome entgegen, welcher dann natürlich eine entsprechende Pression, respektive Depression besitzen muß, um diesen ihm gebotenen Widerstand zu überwinden.

Ferner stehen in Benutzung (Tabakfabrik in Burgsteinfurt): Springbrunnen, Kreiselbrausen („Aeolus" nach Mestern) und für kleine Anlagen (Wohnzimmer, Schulzimmer) die „Luftbefeuchtungsrädchen", welche nach Art einer Windmühle konstruiert, in den Luftkanal eingesetzt, durch den Luftstrom in Rotation versetzt werden und durch Eintauchen der Flügelspitzen in ein Gefäß aus demselben Wasser zerstäuben.

Vielfach hat man sich mit der Staubreinigung, welche bei den meisten ausgiebigeren Luftbefeuchtungsapparaten gleichzeitig bewirkt wird, nicht zufrieden gegeben, respektive nicht zufrieden geben können. Bei der Wohnraum- (Versammlungslokalitäten-) Ventilation ist eine besonders genaue Staubbefreiung der in die Zentralluftheizungsanlage einströmenden Luft notwendig, weil sonst der Staub in der Heizkammer sich an dem Calorifère anbrennt oder auch verbrennt und gänzlich oder zum Teile vergast wird, wodurch brenzlich riechende Stoffe erzeugt werden, welche einerseits sich an den Ausströmungsöffnungen, respektive Luftzufuhrsöffnungen der Warmluftkanäle in Form von braunen Streifen am Maueranwurfe kondensieren und anderseits der Lokalluft beimischen, welche dadurch übelriechend wird und auch auf die Atmungsorgane der Insassen reizend einwirkt.

Eine weitere Veranlassung zu besonderen Staubauffangevorrichtungen bietet der Betrieb mancher Staubgewerbe, bei welchen die abgesogene Luft größere Mengen wertvollen Staubes mit sich nimmt, welchen man nicht „löschen" oder sonstwie vernichten, sondern sammeln und verwerten will.

Von diesen Anordnungen wird noch im speziellen die Rede sein. Wir bringen eine kurze Übersicht über die zur Luftstaubbefreiung dienenden Apparate.

Gröberer und schwererer Staub kann durch Sedimentation der Luft in Staubkammern aus derselben beseitigt werden; in diesen Kammern, in denen der Luftströmung ein bedeutender Querschnitt geboten wird, muß die Luft gänzlich oder nahezu stagnieren, d. h. sich nur außerordentlich langsam vorwärts bewegen.

Feinerer Staub kann entweder durch die beschriebenen Waschvorrichtungen (Regen, Brausen, Düsen etc.) niedergerissen oder wenn dies nicht als ausreichend befunden wird oder man eine derartige Anfeuchtung nicht wünscht, durch Filtration aus der Luft beseitigt werden.

Die Reinigung durch Filter erfolgt natürlich um so gründlicher und besser, je dichter das Filtergewebe und je dicker der Filterstoff ist.

Mit der Dichtigkeit und der Dicke des Stoffes wächst allerdings der gebotene Widerstand, so daß man die Filtration wird im allgemeinen nur dort anwenden können, wo durch mechanische Ventilation für einen ausgiebigen Zug mit genügender Pressung gesorgt ist.

Nach Rietschel und Möller,[1]) auf deren außerordentlich lesenswerte Arbeiten wir hier verweisen, beträgt der Widerstand der Filter ausgedrückt in einer Luftsäule h (bei Annahme gleicher Temperatur mit der zu filtrierenden Luft)

$$h = \frac{m\,L}{F}$$

wenn:

L = die pro Stunde zu filtrierende Luftmenge,

F = die Filterfläche bedeutet,

m = ein Koeffizient, welcher für das Möllersche Filtertuch = zirka 0·03 ist.

Die Karl Möllerschen (Brackwede-) Filter sind ihrer Anordnung nach in Fig. 27 veranschaulicht.

Um Raum zu sparen und bei verhältnismäßig kleiner Filterkammer eine große Filterfläche zu bieten, wird das Filtertuch in Taschen gefaltet, welche durch eingesteckte Rohrgestelle auseinander gehalten werden. Die einzelnen Taschen können leicht entfernt, respektive behufs Reinigung ausgewechselt werden.

Die Reinigung des Filtertuches bietet mitunter, besonders dort, wo der Staub gesammelt werden soll, einige Schwierigkeiten.

Meist erfolgt das Reinigen der Filter durch Abklopfen derselben. Zeitweilig muß überdies der durch feinen Staub arg verlegte Filterstoff gründlich ausgewaschen werden.

Um, wenn es sich um gefährlichen Staub handelt, nicht den mit der trockenen Reinigung (Ausklopfen des Filters) beschäftigten Arbeiter in Gefahr zu bringen, ferner um bei großen Staubmassen ein entsprechend häufiges Ausstauben des Filterstoffes zu ermöglichen, wurde eine Reihe mechanischer Klopf- und Reinigungsvorrichtungen erdacht (außer Möller auch Friedr. Pelzer in Dortmund etc.).

Der Mechanismus besteht entweder in Abklopfen und Abbürsten der gespannten Filtertücher oder in abwechselndem schnellen Anspannen und wieder Lockerlassen des Filtertuches;

---

[1]) Rietschel, Ges. Ingen. 1889, Nr. 4, Untersuchung von Filterstoffen. Möller, Ges. Ingen. 1889, Nr. 5 und Zeitschrift d. Zentralstelle für Arbeiterwohlfahrtseinrichtungen 1894.

überdies wurde es auch versucht, durch schnelles Umkehren des Luftstromes für kurze Zeit, wie dies eben bei der mechanischen Ventilation möglich ist, die sack- oder taschenförmigen Filter umzustülpen und auf diese Weise den Staub herauszuschütteln.

Der auf eine der erwähnten Arten herabgeschüttelte Staub sammelt sich in einer unter dem Filter angebrachten Staubsammelgrube an (siehe auch später Staubbeseitigung in der Industrie Seite 95 ff.).

Der Leser hat mit uns die Mittel kennen gelernt, welche der Natur zu Gebote stehen, um dem Menschen die wichtige Lebens- und Wohlseinsbedingung, die „frische Luft", auch in

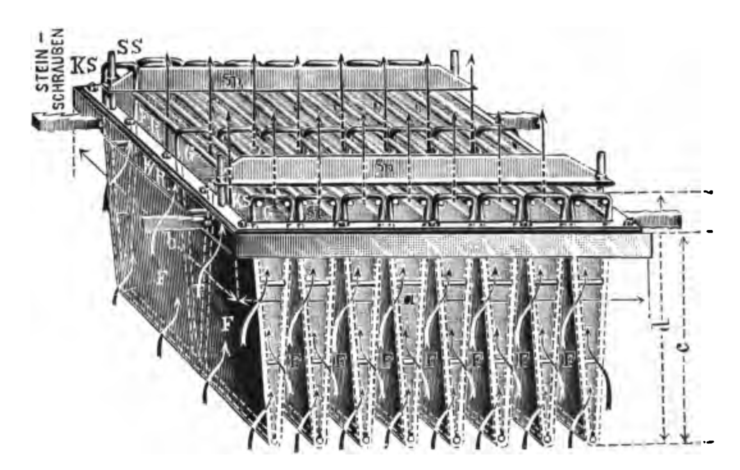


Fig. 27.
Dr. Möllers staubdichtes Luftfilter.

seinen Behausungen zu gewähren; wir haben gesehen, wie vielfach diese Naturkräfte nicht ausreichen, wie sie unterstützt werden müssen, wie Frischluft künstlich gefördert werden muß.

Wir haben die Mittel und Maschinen besprochen, welche der „künstlichen Lüftung" dienen. Diese oft gewaltigen Apparate und die Riesenanlagen, welche wir beschrieben, zeugen beredt von der großen Bedeutung, welche in der modernen Bautechnik den Ventilationsfragen eingeräumt werden mußte.

Verwickelter noch gestalten sich die Fragen der Reinerhaltung der Luft und speziell das Ventilationsproblem, wenn zu der Luftverderbnis, welche durch die bloße Existenz des Menschen oder vieler Menschen in einem Raume hervorgerufen wird, noch besondere Luftverderbnisquellen hinzu treten.

So in der Industrie; und auf dieses interessante Thema wollen wir nunmehr noch des näheren eingehen. Die Mittel zur Verhütung der Luftverunreinigung und die Apparate der Ventilationstechnik bedürfen hier einer besonderen Anordnung, damit mit denselben die weit zahlreicheren Feinde der „reinen Atmosphäre" wirksam bekämpft werden können.

Wir werden zunächst die Art der Luftverunreinigung, die Art und Weise der Schädigung durch dieselbe kennen lernen und dann jene Regeln ableiten, nach welchen hier im Interesse des Betriebes und im Interesse der Humanität vorgegangen werden muß.

Zweites Hauptstück.

Über Ventilation und Luftverunreinigung im Gewerbe.

Die Hintanhaltung der Luftverunreinigung liegt im Interesse des Betriebes, und zwar vom moralischen (sozial-sanitären) Standpunkte der Humanität aus besehen, aber auch gar oft im materiellen Interesse, denn vielfach erweist sich eine derartige, vom hygienischen Standpunkte klaglose Anlage als ökonomisch, d. h. die hygienische Maßnahme rentiert sich.

Moderne rationelle Betriebe arbeiten ökonomisch, indem sie mit den Abfallstoffen und Abgasen sparen und dieselben noch zu verwenden suchen — dadurch erhalten sie zugleich ihre Atmosphäre rein, da diese oft schädlichen Emanationen nicht die Luft verunreinigen. Derartige im wahren Sinne des Wortes „moderne" Betriebe sind rentabel, sehr konkurrenzfähig und — gesund.

Aber auch dort, wo sich die hygienische Ausgestaltung des Betriebes nicht so unmittelbar auszahlt, muß doch ein großes Gewicht auf diese Maßnahmen, gleich von vornherein, gleich bei der Anlage der Fabrik gelegt werden.

Abgesehen von dem Drucke der Behörde und des Gesetzes, welcher um so härter wird, wenn es nachträglich zu Bemängelungen kommt, wenn dann Adaptierungen oft sehr kostspieliger Art vorgenommen werden müssen, um den sanitären Vorschriften zu genügen — abgesehen von diesem „Muß" — ist es ja die moralische Pflicht, daß diejenigen, welche für den Betrieb, für den Arbeitgeber arbeiten, nicht darunter leiden.

Der Arbeiter, durch seine Erwerbsverhältnisse gezwungen, Arbeit zu nehmen, ist gewissermaßen den Betriebsverhältnissen „ausgeliefert", er muß sich in dieselben fügen, wenn er verdienen, leben will. Wenn wir denn für uns und unsere Gesellschaft dort, wo wir uns „freiwillig" aufhalten, in den Wohnungen

und dort, wo wir uns „freiwillig" versammeln, um unserer Beschäftigung oder unserem Vergnügen nachzugehen, das Anrecht auf frische, reine Luft haben und es die Pflicht des Bauunternehmers und Baubesitzers ist, hierfür zu sorgen, dann ist es eben um so mehr auch Pflicht, für die im Betriebe rastlos Tätigen diese Bedingung gesunden und frischen Lebens zu beschaffen.

Eine gesunde, arbeitsfrohe Arbeiterschaft, die in der Arbeit ihre Ernährerin sieht, ist eine feste Stütze des Unternehmers.

Ein ungesundes, stetigem Wechsel unterworfenes Arbeitspersonale ist unzuverlässig, meist unzufrieden. Neue Elemente bringen die Hefe zur Gärung, die in den pitoyablen Gesundheitsverhältnissen reichlichen, stichhältigen Boden findet — es kommt zum Ausbruche, zur Eruption der „sozialistischen" Ideen mit allen traurigen Konsequenzen; unter solchen Umständen dann freilich leider nicht ohne die Schuld des Arbeitsgebers, der vom Arbeiter nur pflichtmäßige Arbeit, nicht aber ein Risiko an Gesundheit zu fordern hat.

Die schädlichen Einflüsse der verunreinigten Betriebsluft auf die Gesundheit der im Betriebe Beschäftigten werden vielfach unterschätzt — und darum wollen wir zunächst diese schädigenden Gewalten näher kennen lernen, ehe wir auf die Spezialistik der Fabriksventilation eingehen.

Die „Luftverderber" sind: Der Staub, die schädlichen Gase und Dämpfe. Nicht aller Staub, nicht alle Dämpfe sind gleich gefährlich. Die einzelnen industriellen Staubarten und die gasigen, schädlichen Emanationen sind auch bezüglich der Art der schädlichen Einwirkung auf den menschlichen Organismus unterschiedlich, d. h. von der Art der äußeren oder inneren (chemischen) Beschaffenheit des betreffenden schädigenden Faktors hängt es ab, wo — in welchen Organen — die Schädlichkeit, die Noxe ihren Angriffspunkt nimmt.

Der Verfasser hat es in zwei Abhandlungen („der Staub" und die „schädlichen Gase im Gewerbebetriebe")[1]) versucht, über diese wichtigen Fragen der Gewerbehygiene ausführlich Rechenschaft zu legen und die Literaturquellen und -Angaben möglichst erschöpfend darzustellen. Wir folgen dem gebahnten Wege.

---

[1]) Beide erschienen im Verlage der „Zeitschrift für Gewerbehygiene etc." in Wien in den Jahren 1900 und 1902.

Erster Abschnitt.

Über die Art der Luftverunreinigung im Gewerbe (im allgemeinen).

Die schädigenden Faktoren: Staub und schädliche Gase.

Erster Teil.

Vom Staube im Gewerbe.

Staub entsteht bei mechanischer Arbeit an trockenen, festen Körpern, indem sich kleine Partikelchen von denselben ablösen, welche dann bei ihrer enormen Leichtigkeit von der bestehenden Luftbewegung in Schwebe erhalten werden und so im Luftmeere schwimmen.

Die beiden Vorbedingungen der Schwängerung der Luft mit Staub, nämlich mechanische Arbeit und entsprechendes Aufwirbeln des Staubes durch die Luftbewegung finden wir in nur zu reichlichem Maße in der Industrie vor.

Wir können, wenn wir den Luftstaub sammeln, die einzelnen Partikelchen mikroskopisch studieren und auf ihre Herkunft und Beschaffenheit prüfen. Dieses Studium — die Mikroskopie der Staubarten — gewährt einen tiefen Einblick in die Vorgänge bei der Staubeinatmung; aus der Beschaffenheit der Staubpartikel können wir auf die Gefährlichkeit der betreffenden Staubart schließen. Da aber auch die chemische Zusammensetzung des Staubkornes den Organismus, der es einatmet, schädigen kann, müssen wir auch diesem Momente Beachtung zollen.

Doch nicht genug daran; im Staube lauern noch andere mit Recht besonders gefürchtete Feinde: es sind die Bakterien, von denen zahlreiche Arten allerdings harmlos, viele jedoch krankheitserregend (pathogen) sind.

Diese Spaltpilze sind — wie bekannt — allüberall massenhaft vorhanden. Im Staube kann man sie durch die modernen bakteriologischen (kulturellen) Methoden nachweisen und ihre Qualität und Quantität genau erkunden. Das Verhältnis der Bakterien zu den toten Staubpartikelchen ist nicht das des „Nebeneinanderschwebens", sondern die Bakterien kleben an den leblosen Staubteilchen; sie „reiten" — wie man sagt — auf denselben.

Die Bedeutung der krankheitserregenden Bakterien im Staube und die Art, wie sie dem menschlichen Organismus beikommen und schädlich werden, wird uns erst klar, wenn wir die Schädigung des menschlichen Körpers durch die leblosen Staubpartikelchen ins Auge gefaßt und näher erörtert haben.

Diese kleinen, minutiösen Staubteilchen werden dem mächtigen Organismus des Menschen durch ihre vielfach sehr scharfen und spitzigen Ecken und Kanten, welche die Schleimhäute außerordentlich reizen, gefährlich. Die feinen Partikelchen setzen sich fest an die Schleimhaut an und die erwähnten Spitzen und Kanten, welche mikroskopisch deutlich wahrnehmbar sind, schneiden in die zarten Zellen des Schleimhautgewebes (Epithels) ein; es kommen kleine Ritzer, kleine Wunden zustande.

Bis zu einem gewissen Grade sind allerdings die auf Seite 13 erwähnten und beschriebenen Staubabfangvorrichtungen der Atemwege imstande, das tiefere Eindringen des Staubes zu verhüten, das Staubkorn aufzufangen und herauszubefördern; doch diese „Schutzvorrichtungen" des Organismus versagen, wenn die Reizung der Schleimhäute durch den Staub sich wiederholt oder wenn dieselbe gar eine stetige ist. Die Schleimhaut antwortet mit einem chronischen, d. i. einem andauernden Katarrh (Entzündung), welcher sie des feinen Wimpernbesatzes und der zarten Anfeuchtung verlustig macht. Die Schleimhaut wird spröde, trocken und bedeckt sich mit feinen Rissen, Kontinuitätstrennungen und Wunden.

Durch diese feinen Risse nun bahnen sich die Bakterien, welche — aller Wahrscheinlichkeit nach — der gesunden intakten Schleimhaut nichts anhaben können, ihren Weg in die Zirkulation, in den Organismus, den sie vergiften, infizieren.[1])

Je größer der Bakteriengehalt der Luft, respektive des Staubes ist, desto größer wird die Gefahr der Infektion, der Ansteckung.

Hier handelt es sich vor allem um den Bazillus der Tuberkulose, welcher im Staube allgemein außerordentlich verbreitet ist. In den Staub gelangt er aus dem irgendwo eingetrockneten Auswurfe von tuberkulösen Individuen, derer es leider überall nur zu viele gibt; denn etwa ein Siebentel der gesamten Menschheit stirbt an Tuberkulose und ein noch viel

[1]) Diese Verhältnisse finden sich in meiner Abhandlung „über den Staub etc." vom medizinisch-pathologischen Standpunkte unter Quellenangabe eingehend erörtert (Zeitschrift für Gewerbehygiene, Wien 1900).

größerer Bruchteil der Menschheit leidet daher an dieser verheerenden Seuche.

Wir verstehen jetzt, warum die Tuberkulose die „Staubkrankheit" genannt wird.

Die Möglichkeit der Ansteckung mit Tuberkulose ist die größte Gefahr, die die Einatmung des die Schleimhäute reizenden Staubes mit sich bringt.

Die Arbeit in einem mit Staub geschwängerter Luft erfüllten Raume macht den Organismus für den Tuberkulosekeim empfänglich. Die Staubeinatmung disponiert — wie man sagt — zur Ansteckung mit Tuberkulose.

Wir haben uns hier etwas ins „Medizinische" verbreitet, um zwanglos zu dem für uns hochwichtigen Dogma zu gelangen:

Der Staubschutz ist eine der Hauptwaffen gegen die Tuberkulose, welche uns zu Gebote stehen. Beim Arbeiter findet die Tuberkulose, respektive der Erreger derselben einen um so günstigeren Nährboden, als die breiten Schichten dieser Menschenklasse nicht gerade unter günstigen Lebens- und Erwerbsverhältnissen sich weiter bringen.

Doch mit dieser Schilderung ist die Staubgefahr noch nicht zur Gänze dargestellt.

Wir haben bisher eine doppelte Art der Schädigung des Menschen durch Staub kennen gelernt: die Reizung der Schleimhäute der Luftwege durch Staub, welche die Katarrhe der Atmungsorgane hervorruft (Kehlkopf-, Luftröhren-, Bronchialkatarrh etc.) und die Infektion (die Ansteckung), vor allem die Ansteckung durch den Tuberkulosekeim.

Doch kann drittens der Staub auch direkt giftig sein, d. h. es gibt Staubarten, welche vermöge ihrer chemischen Zusammensetzung direkt giftig, zerstörend auf den menschlichen Organismus einwirken. Diese Vergiftung kann eine schwere, ja tötliche werden, wenn der Mensch stetig kleine Staubquanten in sich aufnimmt, d. i. wenn er der verderbenbringenden Atmosphäre stetig ausgesetzt ist. Die Aufnahme des Giftstaubes kann sowohl durch Einatmung als durch Verschlucken des Staubes (Essen mit unreinen Händen) geschehen.

Nach dem Gesagten können wir die Staubarten zwanglos in zwei Gruppen einteilen: In Staub, welcher reizt und zur Infektion disponiert und zweitens in Staub, welcher vergiftet.

Wir zählen im folgenden kurz beschreibend die gefährlichen Staubarten auf, damit der Leser daraus auf die der Staubabfuhr besonders bedürftigen Betriebe schließen könne.

Staubarten, welche reizend wirken und zur Infektion disponieren.

An der Spitze steht der außerordentlich gefährliche Stein- (Mineral-) und Glasstaub. Von den Steinstaubarten sind vor allem die quarzhaltigen (z. B. Granit) schädlich, doch ist auch der kalkhaltige Staub (Zement, Marmor, Thomasschlacke, Elutionskalk etc.) nicht gleichgiltig und wirkt die Einatmung dieses Staubes auf die Atmungsorgane nicht günstig (!) ein, wie absonderlicherweise hie und da behauptet wurde.

Das Molekül des Steinstaubes weist außerordentlich scharfe Ecken und Kanten auf; der Glasstaub (siehe Fig. 28) besteht aus scharfrandigen Glasplättchen und hat daher einen besonders gefährlichen Charakter.

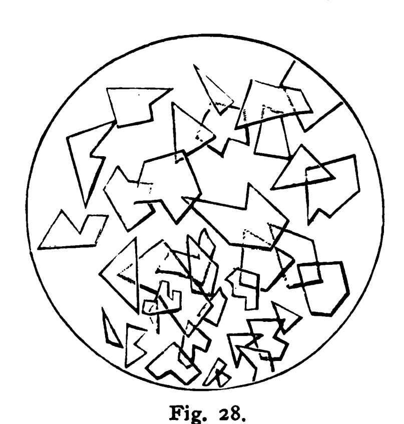


Fig. 28.
Mikroskopisches Bild des Glasstaubes.

Das dauernde Einatmen von silikat-(quarz-)haltigem Staube erzeugt die sogenannte „Kiesellunge". Dies ist eine schleichende und verhärtende (chronisch-indurative) Entzündung des Lungengewebes — das letztere verhärtet (sklerosiert). Durch die fortdauernde Entzündung „verkäst" das Gewebe und in diesen „käsig" verhärteten Lungengewebspartien finden sich dann mineralische Ablagerungen, die steinhart sind und „Lungensteine" (Pneumolithen) genannt werden.

Bei fortschreitender Schädigung wird diese Krankheit durch Hinzutreten der Tuberkelkeime leicht in Tuberkulose übergehen. Eine — wie beschrieben — veränderte Lunge gibt eben einen guten Boden zum Eindringen der Bazillen ab.

Als gefährlich muß ferner die Hantierung beim Glasurputzen (Töpferei), Steinschleifen, ganz insbesondere aber beim Glasschleifen hervorgehoben werden. Der bereits oben beschriebene Glasstaub ist sehr fein und leicht zerstäubbar. Der Glasschleifer erreicht — nach Hirt — wenn er mit 15 Jahren sein Handwerk begonnen hat, durchschnittlich ein Alter von zirka 30 Jahren (!).

Die gesamte Arbeiterschaft erliegt mehr oder weniger früher oder später der Tuberkulose. Zu der großen Gefahr der Glasstaubeinatmung treten bei den Glasschleifern noch die pitoyablen Verhältnisse der „Heimarbeit" hinzu; im Riesen- und

Isergebirge hatte ich Gelegenheit das Elend dieser Hausindustrie kennen zu lernen; kärglich genährt, in einer terrainschwierigen, rauhen Gebirgsgegend leben die Schleifer in niedrigen Hütten; diese bergen meist nur eine Stube in sich, wo die Bettstätten neben der Schleifscheibe und dem Küchenherde stehen.

Ich sah wie in demselben Lokale der sterbende Schleifer in seinen letzten Zügen lag, mit seinem Auswurfe seine Umgebung rings durchseuchend und wie hart daneben von seinen Gehilfen und Kindern flott darauf losgeschliffen und auch — bereits gehustet wurde.

Diese krassen Verhältnisse verdienten der kurzen Schilderung.

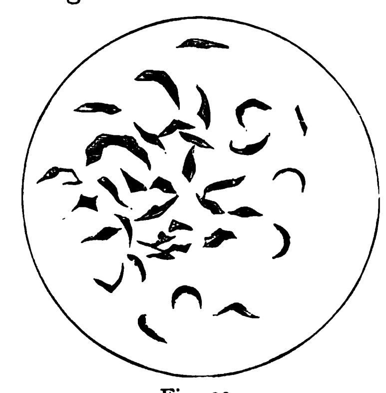


Fig. 29.
Mikroskopisches Bild des Gußeisendreherei-staubes (schematisch).

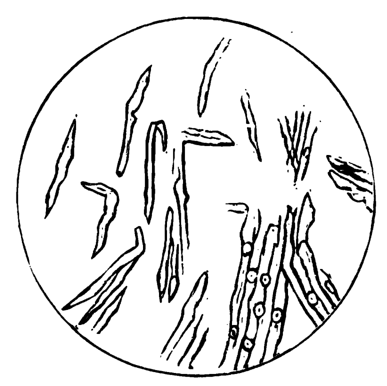


Fig. 30.
Mikroskopisches Bild des Holzstaubes (schematisch).

Der Metallstaub weist, wenn er von der Dreherei stammt, hobelspanförmig gedrehte Partikelchen mit hakenartig gebogenen Enden auf; der Staub der Schleiferei (insbesondere der Nadelschleiferei) und Feilenhauerei ist splittrig und spießig, der Bronzestaub und Gußeisenputzereistaub hat scharfe Plättchen — alle sind sehr gefährlich (vergl. auch später das spezielle Kapitel über die Metallindustrie).

Der Holzstaub (Holzbearbeitung, speziell Kreissägenarbeit, Waggonerie, Vorarbeiten der Zelluloseindustrie) ist außerordentlich leicht, tritt massenhaft in der Luft auf; die feinen, vielfach geknickten, splittrigen Bestandteile reizen außerordentlich zu Husten und Katarrh (vergl. auch später das spezielle Kapitel über die Holzindustrie).

Ungeheure Staubmengen treten in der Textilindustrie (vergl. auch später das betreffende spezielle Kapitel) und den

verwandten Branchen auf (bei den Reinigungsarbeiten, beim „Wolfe", den Karden etc., ferner beim Hecheln, Brechen und Schwingen des Flachses). Die Bestandteile dieses Staubes sind meist biegsame, feine Fädchen (Pflanzenfasern, Tierhaare) [Fig. 32].

Wenn dieselben auch nicht imstande sind, die Schleimhäute zu verletzen, so reizen sie die Atmungsorgane doch bedeutend, indem die Fädchen und Fäserchen fest an die Wandungen

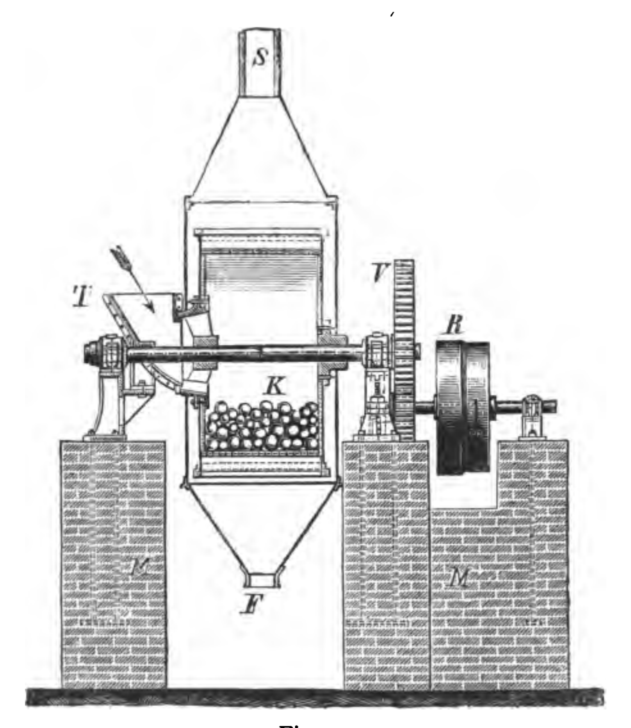


Fig. 31.
Kugelmühle im Durchschnitt.

K Kugeln, *T* Fülltrichter, *F* Mehlablauf, *S* Staubschlot, *V* Vorgelege, *R* Riemenscheibe, *M* Mauerwerk.

der Atemwege ankleben und hier einen förmlichen Filzüberzug bilden, welcher sich nicht aushusten läßt.

Mehr oder weniger runde, kugelige Moleküle besitzen die Staubarten, welche durch Mahlen erzeugt werden, wie der Mehlstaub. Derselbe ist auch minder gefahrbringend; desgleichen müssen als minder gefährlich bezeichnet werden: Der Gipsstaub, Kohlenstaub, Knochenmehlstaub, während der beim Drechseln erzeugte Abfallstaub der Horn-, Bernstein-, Stein-

nuß- und Meerschaumbearbeitung als — wenn auch in minderem Maße — schädlich gilt.

Die Einatmung von Perlmutterstaub ruft auffallenderweise eine eigentümliche Knochenerkrankung hervor; dieselbe dürfte sich aus der Verstopfung (Embolisierung) von Knochenmarkblutgefäßen durch im Wege der Blutbahn eingeführte Staubteilchen erklären.

Giftstaub.

Giftig wirkt vor allem der Arsen- und der Bleistaub, d. h. jeder Staub, der konstant Bleiverbindungen enthält.

Der Arsenstaub tritt bei der berg- und hüttenmännischen Gewinnung des Arsens und der Arsenverbindungen auf. Insbesondere bei der Sublimation des Arsens, bei der Darstellung der Schwefelarsenverbindungen, bei der Gewinnung der arsenigen Säure (Rösten der Arsenerze und Auffangen des „Giftmehls" in Gifttürmen und „Giftkammern"), ferner bei Verwendung von Arsenikalien in der chemischen Industrie (Färberei). Uns interessiert hier die schleichende (chronische) Arsenvergiftung, welche durch konstantes Einnehmen kleiner Arsenmengen durch Einatmung und Verschlucken des Betriebsstaubes zustande kommt. Es sind zumeist Ernährungsstörungen, die durch diese Vergiftung hervorgerufen werden; der Kranke magert ab, es kommt zu Schwellungen und Nervenschmerzen und allerlei nervösen Störungen, bis sich endlich — wenn der Betroffene nicht rechtzeitig der Schädigung entzogen wird, ein trauriges Krankheitsbild des allgemeinen Verfalles — ähnlich der „Rückenmarksdarre" (tabes dorsualis) entwickelt.



Fig. 32.
Textilstaub.
(Mikroskopisches Bild, schem., Seide.)

Die wichtigste und häufigste Staubvergiftung, welche alljährlich sehr, sehr zahlreiche Opfer fordert, ist die Bleistaubvergiftung. Bei der außerordentlichen Verbreitung und vielfachen Verwendung des Bleies und der Bleiprodukte in der Industrie kann diese Tatsache um so weniger wundernehmen, als das Bleigift mit Recht ein tückischer Feind genannt werden kann, welcher vielfach dort lauert, wo man es gar nicht ahnt. Wir beschränken uns hier auf eine Aufzählung der wichtigsten

Industrie- und Gewerbebranchen, in denen Bleivergiftungen vorkommen und verweisen auf Details in späteren Kapiteln (siehe Abschnitt „Blei" im Kapitel Metallurgie).

Der Bleibergwerkarbeiter und Bleihüttenarbeiter sind der Gefahr der Vergiftung ausgesetzt. Neben der Mennigebereitung ist es vor allem die Bleiweißfabrikation, in deren Betrieben, wenn sie nicht mit vollkommen entsprechenden Ventilationsvorrichtungen und sonstigen hygienischen Vorkehrungen ausgerüstet sind, oft sehr zahlreiche Bleivergiftungsfälle vorkommen. Beim Mahlen und Verpacken des Bleiweißes wird viel Material verstaubt, wenn man sich nicht besonderer Vorsichtsmaßregeln bedient.

Sämtliche Manipulationen mit metallischem Blei und dessen Legierungen sind gefährlich. So findet man schwere Bleivergiftungen bei den Setzern, da das Letternmetall bis 75% Blei enthält; ferner sind der Bleivergiftung ausgesetzt: Die Jacquardweber (Bleigewichte am Webstuhle!), die Konditor- und Blumenmädchen, welche mittels bleierner Patronen die Manschettenmuster ausschlagen, die Edelsteinschleifer, die die Steine auf einer rotierenden Bleischeibe bearbeiten, die Arbeiter in der Schrot- und Patronenindustrie, die mit dem Ebnen und Putzen der Bleiglasur in der Töpferei Beschäftigten, ferner die Verfertiger bleihaltiger Farben, ja sogar die Maler, die solche Farben verwenden und so noch zahlreiche andere.

Charakteristisch für die schleichende Bleivergiftung sind die quälenden Bleikolikanfälle, zu welchen sich — bei fortbestehender Schädigung — Nervenschmerzen und eigentümliche Lähmungen (Bleilähmung; Lähmung der Strecker der Hand) und schließlich schwere Gehirnkrankheiten (epileptische Anfälle, Wahnsinn, Blindheit etc.) hinzugesellen und zum tötlichen Ausgange führen können.

Gegenüber dem Arsen und Blei treten sämtliche übrigen „Staubgifte" in den Hintergrund. Kalzium-, Baryum-, Kupfer-, Zink- und Tabakstaubvergiftungen spielen eine untergeordnete Rolle. Das Tabakgift hat eher im dampfförmigen Zustande eine Bedeutung.

Das über die Schädigung der Arbeiter durch den Staub Gesagte wollen wir durch einige Zahlen belegen, welche der obzitierten Abhandlung des Verfassers: „Staub im Gewerbe" entnommen sind.

Es sei zunächst dem Leser näher vor Augen geführt, wie viel Staub der Arbeiter in gewissen Betrieben einatmen muß. Nach Ahrens beträgt die Staubmenge im Kubikmeter Luft:

in einer Roßhaarspinnerei	10 *mg*
in einem Sägewerk	17 *mg*
in einer Kunstwollfabrik	20 *mg*
(mit Exhaustor)	7 *mg*
in einer Mahlmühle	28 *mg*
in einer Eisengießerei	bis 28 *mg*
in einer Schnupftabakfabrik	„ 72 *mg*
in einer Zementfabrik	„ 224 *mg*
in einer Eisengießerei (Putzraum)	71·7 *mg*
in einer Filzschuhfabrik	175 *mg*
in einer Papierfabrik	24 *mg*
dagegen in einem Laboratorium	1·4 *mg*

Es atmet also ein Arbeiter nach Hesse bei zehnstündiger Arbeitszeit:

Roßhaarspinner	pro Tag	0·05 *g*,	pro Jahr	15 *g*
Sägewerk	„ „	0·09 *g*	„ „	27 *g*
Kunstwollfabrik	„ „	0·1 *g*	„ „	30 *g*
Mahlmühle	„ „	0·12 *g*	„ „	37 *g*
Eisengießerei	„ „	0·14 *g*	„ „	42 *g*
Schnupftabak	„ „	0·36 *g*	„ „	108 *g*
Zement	„ „	1·12 *g*	„ „	336 *g*

Diese Staubmengen nehmen denn auch einen furchtbaren Einfluß auf die Erkrankungshäufigkeit und Sterblichkeit der Arbeiterschaft, und insbesondere auf die Verbreitung der Tuberkulose; hierüber mögen folgende Daten orientieren:

Erkrankungshäufigkeit der Staubarbeiter nach Schuler und Burkhardt.[1])

Von 1000 Arbeitern erkranken jährlich (geordnet nach der Erkrankungsfrequenz):

Buchbinder	98
Seidenweber	205
Baumwollspinner	235
Buchdrucker	250
Baumwollweber	285
Letterngießer, Setzer	304
Papierfabriksarbeiter	343
Mechanische Werkstätte	419
Spez. Dreher	427
Lumpensaal der Papierfabrik	479
Spez. Holzarbeiter	536

[1]) Aus der Berliner Krankenkassenstatistik.

Tabelle der Verbreitung der Schwindsucht unter den Arbeitern (Sommerfeld).

	Von 1000 Lebenden starben an Tuberkulose	Von 1000 Todesfällen kamen auf Tuberkulose
Berufe ohne Staubentwicklung	2·39	381·—
„ mit „	5·42	480·—
im Durchschnitt	5·16	478·9
Gleichaltrige Berliner Bevölkerung	4·93	332·3
Spez. Berufe mit Entwicklung von		
A. Metallstaub	5·84	470·6
a) Kupfer	5·31	520·5
b) Eisen	5·55	403·7
c) Blei	7·79	501·7
B. Mineralstaub	4·42	403·4
Steinmetze	34·9	893·3 (!)
Porzellanarbeiter	14·—	591·—
Maurer	4·26	382·—
Glasarbeiter	—	375·—
C. Organischer Staub	5·64	537·04
Leder, Fell, Feder	4·45	565·9
Wolle und Baumwolle	5·35	554·1
Holz und Papier	5·96	507·5
Tabak	8·47	598·4

Von 100 Todesfällen entfallen auf:

	Tuberkulose	Krankheiten der Atemorgane überhaupt	Durchschnittliche Lebensdauer in Jahren
	Prozente		
Bei Steinhauern	90	91·8	35
„ Metallschleifern	73	—	—
„ Kürschnern	67	69	34
„ Drechslern	61	64	34
„ Porzellanarbeitern	59	74	37
„ Zigarrenarbeitern	59	66	38
„ Metalldrehern	52	—	—
„ Glasschleifern	50	52	37
„ Sattlern	42	47	38
„ Bildhauern	40	45	33
„ Webern	30	45	53
„ Lakierern	15	15	53

Die Sterblichkeit an Tuberkulose bei den Fischern und Farmern verhält sich zu der bei den Schneidern wie 1 : 3, zur Sterblichkeit der Buchdrucker wie 1 : 5.

Tabelle der Verbreitung der Bleivergiftungen in den Gewerben.

	Von 100 Krankheitsfällen	Von 100 Kassenmitgliedern	
Bei Buchdruckern	2·51	1·07	entfielen auf Bleivergiftungen
„ Dachdeckern	1·33	0·50	
„ Graveuren etc.	2·45	0·57	
„ Hutmachern	0·15	0·05	
„ Klempnern	0·84	0·25	
„ Vergoldern	0·70	0·12	
„ Webern	0·10	0·02	
„ Glasern	0·29	0·08	

Und nicht nur auf den Arbeiter und dadurch auf den ganzen Betrieb, sondern auch auf die präzise Arbeit der Maschinen hat der Staub seinen schädlichen Einfluß. Die Maschine, von Staub bedeckt, muß oft gereinigt werden; dies bedarf Arbeits- und Zeitaufwand, der Betrieb stockt, es kostet Geld. Die Maschine muß geschmiert werden, der Staub und das Schmiermittel bilden eine klebrige, erstarrende Masse, das Schmieren verfehlt zum Teile seinen Zweck, die Achsenlager vertragen sich, die Maschinen gehen schwer, arbeiten nicht mehr präzise und auch hierdurch kann es leicht zum Unfalle kommen.

Und weiter leiden auch die Maschinen selbst. Es werden Reparaturen vonnöten. Wieder Verlust an Zeit und materieller Schaden.

Und endlich der ganze Betrieb ist nicht rein; Reinlichkeit ist aber im Gewerbe wohl das erste Postulat, um ein tadelloses Produkt zu erzielen; denn dasselbe wird entwertet, wo die Reinlichkeit mangelt und es wird die Konkurrenz mit tadellosen Betrieben unmöglich.

Wir sehen gleich, daß eine verstaubte, vernachlässigte Werkstätte nicht die Stätte des Erwerbes, sondern die Stätte des Elends in jeder Beziehung ist.

Zuletzt sei hier noch anschlußweise die Gefahr erwähnt, der ein verstaubter Betrieb durch die Möglichkeit der Staubexplosion entgegenläuft.

Es ist wohl vor allem der Kohlenstaub, der überaus häufig zur Explosion Veranlassung gibt. Er veranlaßt so manches „schlagende Wetter" in der Kohlengrube und viel Unglück in den Brikettes- und Rußfabriken. Doch auch der Mehlstaub, ja sogar der Staub von Sägemühlen hat schon zu Explosionen

Veranlassung gegeben. Es liegt also, nachdem es sich hier um heterogene Staubarten handelt, die Ursache nicht in dem oder jenem Materiale des explodierenden Stoffes, sondern eben in dieser Staubeigenschaft des Materiales.

Wie aus den Forschungen der preußischen Schlagwetterkommission (1885) über Kohlenstaub, ferner aus den Untersuchungen Professor Webers über Mehlstaub und noch anderen hier einschlägigen Arbeiten hervorgeht, liegt die Ursache der Explosion in den aus fein verteiltem Staube durch plötzliche Erhitzung desselben sich entwickelnden Kohlenwasserstoffen, die überaus entzündlich sind; ist es nun durch irgend welche Berührung mit einer offenen Flamme (in Gruben) oder mit einem heißgelaufenen Maschinenteile (in Mühlen) einmal zur Entzündung gekommen, so pflanzt sich dieselbe rapid fort, wenn genügende Staubmassen da sind, und es kommt zu fürchterlichen Katastrophen. Erwiesen ist ferner, daß selbst ein sehr geringer Gehalt der Atmosphäre an brennbaren Gasen, der an und für sich noch lange keine Ursache zur Explosion abgeben könnte, ungemein die Möglichkeit einer Staubexplosion fördert, mag es sich nun um Leuchtgas, Gruben- oder sonst ein brennbares Gas handeln.

In diesen gesamten Erwägungen finden wir wohl Gründe genug, welche dazu veranlassen und zwingen, der Staubgefahr und deren Folgen in der Industrie wirksam entgegenzutreten.

Zweiter Teil.

Von den schädlichen Gasen und Dämpfen im Gewerbe.

Schädliche Gase können der schützenden Hülle des menschlichen Körpers, der Haut, kaum etwas anhaben; übel beeinflußt werden nur: 1. Die Schleimhäute, soweit sie direkt in Kontakt mit den gasförmigen Giften gelangen. 2. Der gesamte Organismus, sobald die Gase Gifte darstellen, welche von den Resorptions-(Aufnahms-)Organen des menschlichen Körpers (Lunge, Darm) aufgenommen (resorbiert) und durch die Säfte des menschlichen Körpers (speziell das Blut) weitergeführt werden, und dann entweder schon zersetzend auf diese oder auf bestimmte Organe und Organsysteme (z. B. Nervensystem, Niere, Leber etc.) einwirken oder die Funktionen derselben übel, resp. zerstörend beeinflussen. Gewisse Gase zeichnen sich nun vornehmlich durch jene oberflächliche oder Kontaktwirkung aus, während anderen nur die innerliche (Resorptionswirkung) zukommt; nachdem es jedoch auch Gase und Dämpfe gibt, welche beide schädlichen Eigenschaften in sich vereinen, läßt sich eine strenge Trennung

nach diesem Prinzipe nicht durchführen. — Betrachten wir nun diese beiden erwähnten Schädigungsarten näher:

1. Wie der Staub die Schleimhäute vielfach bei Berührung derselben reizt, so gibt es auch bei den giftigen Gasen Eigenschaften, welche eine Kontaktreizwirkung bedingen, die, wenn sie sehr heftig ist und sich nicht nur auf Rötung und vermehrte Schleimbildung (Sekretion) beschränkt, sondern Verschorfungen und Geschwüre hinterläßt, Ätzwirkung genannt wird.[1] Diese Giftwirkung besteht in einer eigentlichen chemischen Veränderung der Gewebsbestandteile (nach Schmiedeberg, Arzneimittellehre), die mit leichtesten, nicht analysierbaren Alterationen des Protoplasmas (Zelleibes) beginnt (Reizung) und mit völliger Spaltung und Umwandlung aller Gewebssubstanzen unter heftiger Entzündung und totaler Zerstörung der Gewebe (Verschorfung) endigt. Der Grad der Reiz- und Ätzwirkung hängt von der Qualität des Gases ab; während es bei den meisten Gasen erst nach sehr intensiver Einwirkung zu Verätzungserscheinungen kommt (schweflige Säure, Chlor etc.), gibt es auch solche, welche momentan verätzen (Fluorwasserstoff). Vor allem trifft diese Reizwirkung das Atemsystem. Gegen das Eindringen des reizenden Gases sucht sich der Organismus durch kräftige Hustenstöße unwillkürlich (reflektorisch) zu erwehren. Das Gas kann gleichsam nicht eingeatmet werden, und daher die Benennung dieser Gase mit dem nicht ganz zutreffenden Ausdrucke „irrespirable" („uneinatembare") Gase seitens der älteren Autoren; faktisch aber werden geringere Konzentrationen dieser Gase stundenlang und tagelang vom Arbeiter eingeatmet und nur ein höherer Gehalt der Atmosphäre macht dieselbe absolut unerträglich; doch ist auch der erwähnte geringere Gehalt der Luft an reizenden Gasen nicht gleichgiltig, denn die sich summierende geringe Schädlichkeit bedingt schleichende „chronische" Leiden. Im übrigen will ich die bei dem „Staube" eingehend abgehandelte Reizwirkung mit ihren Konsequenzen, dem akuten und chronischen Katarrh der Luftwege, dem zur Lunge immer weiter herabsteigenden (deszendierenden) Katarrh und die Einwirkung auf das Auge nicht nochmals eingehend erörtern und verweise ich auf das

---

[1] Diese hier „Berührungs"-(Kontakt-)Wirkung genannte Schädigung nennen die meisten Autoren „Lokal"-Wirkung, im Gegensatze zur Allgemeinwirkung (von mir „innere" Wirkung genannt). Ich habe den Ausdruck „Lokal"-Wirkung, um Mißverständnisse zu verhüten, gemieden, da diese Wirkung bei reizenden und ätzenden Gasen eben nicht lokal ist, sondern alle Schleimhäute gleichzeitig trifft. Bei ätzenden Flüssigkeiten ist allerdings die Ätzwirkung eine „lokale"; sie trifft nur die Applikationsstelle (Benetzungsstelle).

dort Gesagte, denn wenn auch dort die Ursache und die ersten Anfänge der Reizung (feinste Verletzungen der Schleimhäute) wesentlich andere sind, so deckt sich doch der weitere Verlauf der hierdurch hervorgerufenen Gewerbekrankheiten bis auf den Umstand, daß beim Staube auch seine oft gleichzeitig wirkende Infektiosität in Betracht kommt, während die Schwächung des Organismus durch giftige Gase stets nur eine Disposition, „eine erleichterte Möglichkeit der Infektion" abgeben kann.

2. Und nun zu der zweiten Wirkungsart der giftigen Gase, zur „innerlichen" Wirkung, welche man auch spezifische oder charakteristische nennen kann (bei Kobert „Fernwirkung"). Hier wirkt das Giftmolekül als solches, manchmal durchwandert es den Körper, ohne verändert zu werden, oder erleidet es eine bestimmte chemische Veränderung (Oxydation, Reduktion) unter Erhaltung des wesentlichen Kernes der Verbindung (z. B. unbedingte Erhaltung des Benzolkernes aller aromatischen Verbindungen), oder endlich wird das Gift im Körper zurückgehalten, aufgespeichert[1]) und gibt zu einer langsam fortschreitenden Schädigung (chronische Vergiftung) Veranlassung (Metalle, Phosphor, Arsen). Der Weg, auf welchem solche spezifisch wirkende Gase in den Körper eindringen, ist der Atemweg. In der Lunge werden sie dann mehr oder minder schnell von dem das zarte Lungengewebe umspülenden Blute aufgenommen und weitergeführt. Das Blut ist ja das Mittel, das Vehikel zum Gastransporte. Wie Magendie, Müller und Emmert durch genaue Experimente erwiesen haben, gibt es keinen anderen Weg für den Gifttransport als das Blut, womit die „sympathische" Theorie fällt, welche wegen der Schnelligkeit der Giftwirkung einen „Nerventransport" annehmen wollte. Das Blut ist normalerweise befähigt, als Vehikel für den Kohlensäureexport aus dem Körper und Sauerstoffimport in die Organe zu dienen und dies durch eine lockere Bindung dieser Gase an seinen Farbstoff, an das sogenannte Hämoglobin. Locker muß nun diese Bindung darum sein, weil die Abgabe des Sauerstoffes und Aufnahme der Kohlensäure in den Geweben und der umgekehrte Prozeß in der Lunge sehr leicht, durch einfache Berührungs- und Diffusionsvorgänge vor sich gehen muß; diese Prozesse sind eben das Wesen der Atmung. Das Blut hat also die Fähigkeit, sich mit Gasen in der Lunge zu beladen und diese zu transportieren und führt normalerweise (abgesehen von geringen Mengen des bedeutungs-

[1]) Diese Aufspeicherung besteht nach Kobert vielleicht in einer Bindung an Eiweißsubstanzen.

losen Stickstoffes) nur Sauerstoff und Kohlensäure, den ersteren als Bedarfsmittel, die letztere als Abfallsstoff des Organismus — leider ist es aber auch den Molekülen anderer Gase nicht versagt, dieses Vehikel zu benutzen, und diese fremden Eindringlinge sind oft sehr gefährlich. Die Gifte können nun auf verschiedene Weise schaden:

a) Das Blut kann, ohne selbst beeinträchtigt zu werden, einfach als Vehikel für den Transport der Moleküle giftiger Gase dienen, welche dann, an den Organismus abgegeben, ihre spezifische „Fern"-Wirkung entfalten. Man findet demnach in vielen Fällen von Gas- oder Dampfvergiftung das Blut trotz der Blutübertragung unbeeinflußt.

b) Das betreffende Gas kann zum Blute oder vielmehr zum Blutfarbstoffe (dem Sauerstoffüberträger) eine größere Affinität haben als der Sauerstoff. Ist ein solches Gas in der Einatmungsluft vorhanden, dann sättigt sich der Blutfarbstoff mit dem betreffenden Gase und die Aufnahme des nötigen Sauerstoffes ist sozusagen wegen „Raummangel" unmöglich geworden. Es tritt „innere" Erstickung wegen Mangel an Sauerstoff im Organismus ein. Typisch ist diese Wirkung beispielsweise bei der Kohlenoxydgasvergiftung. Die Affinität des Kohlenoxydes zum Blutfarbstoffe (Hämoglobin) ist eine bedeutend größere als die Verwandtschaft zum Sauerstoffe; es bildet sich Kohlenoxydhämoglobin, in welchem das Kohlenoxyd weit fester gebunden ist, als der Sauerstoff im Oxyhämoglobin (Sauerstoffhämoglobin); selbstredend ist es nicht ausgeschlossen, daß Gase mit einer derartigen Blutwirkung außerdem noch eine „Fernwirkung" in den Organsystemen entfalten. — Einer besonderen Erwähnung bedarf die Kohlensäure, welche insoferne eine Sonderstellung einnimmt, als sie bekanntlich normalerweise im Blute vorhanden ist. Die Vergiftung (innere Erstickung) erfolgt, wenn zu große Kohlensäuremengen in der Einatmungsluft vorhanden sind, dadurch, daß der Diffusionsvorgang, bei welchem die Kohlensäure in der Lunge an die Atmosphäre abgegeben werden soll, sich bei zu großem CO_2-Gehalte der Einatmungsluft nicht abspielen kann und daher die Kohlensäure nicht nur nicht abgeschieden wird, sondern statt des erwünschten Sauerstoffes neue Kohlensäure dem Blute zugeführt wird. Diesem Gase kommt übrigens außerdem, wie wir hören werden, auch noch eine Fernwirkung zu.

c) Das Blut kann endlich durch die Aufnahme giftiger Gase direkt zerstört werden. Eine solche Wirkung nennen wir hämolytische (blutauflösende). Sie kann gleichfalls neben der Fernwirkung vorhanden sein; eine Hämolyse höheren

Grades führt schnell zum Tode. Wir können uns hier nicht zu weit verbreiten — über die hämolytischen Vorgänge sei nur erwähnt, daß es sich um Zerstörung der roten und weißen Blutzellen und um Blutgerinnung durch Freiwerden des Gerinnungsfermentes des Blutes und ähnliche Vorgänge mehr handeln kann.

Die eigentliche Fernwirkung der gasförmigen Gifte besteht, wie erwähnt, in einer spezifischen Beeinflussung gewisser Organsysteme durch das Giftmolekül. Dieser Einfluß kann ein außerordentlich verschiedenartiger sein, wie wir bei der Besprechung der einzelnen gasförmigen Gifte sehen werden. Wir wollen nur das Wichtigste herausgreifen. Das Nervensystem kann im Sinne des Plus oder Minus beeinflußt werden, d. h. gereizt oder gelähmt werden; oder auch zuerst gelähmt und dann gereizt werden. Dies kann alle Arten Nervengewebe oder nur bestimmte Klassen treffen, z. B. nur das Zentralnervensystem oder nur die peripheren Nerven, oder nur das Gehirn oder Rückenmark, oder das verlängerte Mark, oder die motorischen oder die sensiblen Nerven allein; ferner kann der Darm gereizt oder gelähmt werden; die großen Drüsen des Körpers, Speicheldrüsen, Leber, Niere, können geschädigt werden; es kann dadurch Zucker oder (bei Nierenreizung) Eiweiß im Harne auftreten. Überdies gibt es gewisse Gifte (wie Phosphor und Arsen), welche auf den gesamten Ernährungszustand einwirken und Stoffwechselgifte genannt werden. Die Art dieser Einwirkung ist physiologisch noch nicht ganz aufgeklärt. Es handelt sich in all diesen mannigfaltigen Fällen — im Gegensatz zur früher besprochenen Reizwirkung — nicht um einen einfachen Vorgang, herbeigeführt durch die Berührung, den Kontakt mit dem Gifte, sondern um bestimmte charakteristische Eigenschaften des Giftmoleküles; dieses ist befähigt, eine bestimmte Art von Geweben des Körpers in bestimmter (spezifischer) Art in ihrer Struktur und ihrer Funktion zu beeinflussen. Aufgabe der Physiologie, die eben die Lebensfunktionen der Organe, und der allgemeinen Pathologie, die deren Störungen durchforscht, ist es, genügend Licht in die Geheimnisse des Lebens der Gewebezellen zu bringen.

Die älteren Autoren nannten diejenigen Gase, welche, ohne zu reizen, eingeatmet Giftwirkung entfalten, „respirable" Gasgifte; wir haben oben erwähnt, daß diese Einteilung hinfällig ist, weil irrespirable Gase bei niedrigen Konzentrationsgraden respirabel werden. Bei Gelegenheit dieser Erwähnung jedoch sei auf die besondere Tücke hingewiesen, mit welcher diejenigen Gase den Organismus überfallen, welchen gar keine

reizenden Eigenschaften, noch auch Geruch oder Farbe eigen sind und welche doch eine sicher wirkende innerliche „Fern"-Wirkung oder Blutwirkung besitzen.

Nach dieser Durchwanderung des so hochinteressanten Gebietes der allgemeinen Toxikologie (Giftlehre) der Gase wollen wir nochmals das Besprochene zusammenfassen. Wir haben bei den Giftgasen kennen gelernt:

1. Wirkung auf den Aufnahmsapparat und dessen Schleimhäute (Kontakt, Reiz-Ätzwirkung).

2. Wirkung auf den Überträger des Gasmoleküls (Blutwirkung).

3. Fernwirkung (spezifische innere Giftwirkung) auf einzelne Organe und Organsysteme.

Es erscheinen demnach in Punkt 1 die Stoffe zusammengefaßt, welche grobe anatomische Veränderungen hervorrufen; in Punkt 3 sind vielfach solche, welche gar keine oder feinste Strukturläsionen der Gewebe setzen, während die Blutgifte (Punkt 2) in der Mitte zwischen beiden Gruppen stehen.

Der Leser verzeihe, wenn ich mich etwas in medizinisch-toxikologische Auseinandersetzungen verbreitet habe. Doch wollte ich über das angeschlagene Thema, das in bezug auf Systematik noch nicht genügend geklärt erscheint, nichts Fragmentartiges bringen.

Eine Übersicht und Einteilung ist gerade in diesem Kapitel Bedürfnis; nachdem denselben jedoch zwei Prinzipien, die physiologisch-toxische Wirkung und auch die chemische Zusammensetzung der betreffenden gasförmigen Verbindungen zugrunde gelegt sein müssen, so ist eine Klassifikation kein Leichtes. Eine ähnliche Anordnung fand ich bei Schmiedeberg;[1]) nachdem dieses vorzügliche Werk jedoch pharmakologischer Natur ist, konnte ich auch dieser Einteilung nur in geringem Maße folgen.

Die Arbeiten von Eulenberg,[2]) Hirt,[2]) Ogata[2]) und die umfassenden experimentellen Untersuchungen Lehmanns[2]) über Fabriksgase boten unter Hinzuziehung der allgemeinen gewerb-

---

[1]) Schmiedeberg, Arzneimittellehre, Leipzig 1895. Schmiedeberg sagt trefflich: „Die zahllosen giftigen Substanzen erfordern eine systematische Einteilung, welche eine leichte Übersicht und planmäßiges Handeln gewährt ... die Einteilung nach rein chemischen Grundsätzen ist zu verwerfen . . . ebenso ist die Einteilung bloß nach der Wirkung einseitig — man muß daher bei Aufstellung eines Systems in derselben Weise verfahren wie der Botaniker bei der Bildung natürlicher Pflanzenfamilien und alle Merkmale der wirksamen Agentien berücksichtigen."

[2]) Eulenberg, Lehre von den schädlichen und giftigen Gasen. Braunschweig 1865.

Hirt, Die Gasinhalationskrankheiten und die von ihnen heimgesuchten Betriebe. Breslau 1873.

lich-hygienischen[1]) und toxikologischen,[2]) sowie der später anzuführenden speziellen Literatur das Material zu der nun folgenden Zusammenstellung, bei der ich eine Ordnung des Stoffes unter gleichzeitiger Berücksichtigung der chemischen Zusammensetzung und physiologischen Giftwirkung versuchen will.[3])

A. Giftgase und Dämpfe, vornehmlich anorganischer Natur.

I. Gruppe: Säuren, Halogene, Alkalien.

Für die Säuren, Halogene und Alkalien ist vor allem die Reiz-, beziehungsweise Ätzwirkung eigentümlich, die soweit geht, daß diese Gase, respektive Dämpfe mit Recht als „uneinatembar" (irrespirabel) bezeichnet werden.

Wenn diese Stoffe nämlich der Atemluft in größeren Quanten beigemengt sind, dann kommt es zu einer derartig gewaltigen Reizung des Kehlkopfes und Einganges der Luftwege überhaupt, daß sich die Stimmritze unter heftigen Hustenstößen krampfhaft verschließt.

An eine geringergradige Konzentration dieser ätzenden und reizenden Gifte in der Betriebsatmosphäre kann sich der Arbeiter gewöhnen — doch darin besteht die Gefahr, denn die stete Einwirkung und stetige Reizung führt zu einem dauernden Katarrh der Atemwege mit den bereits besprochenen Folgen; der Katarrh schwächt die Widerstandskraft, es kommt leicht zum Tiefergreifen, zur Lungenentzündung und Ansteckung mit Tuberkulose, zu welcher in ähnlicher Weise, wie bei der Reizwirkung durch Staub auch hier eine „Disposition" hervorgerufen wird.

Außer den Erkrankungen des Rachens, Kehlkopfes, der Luftröhre, der Bronchien und der Lunge kann auch die empfindliche Bindehaut und Hornhaut des Auges angegriffen werden.

Ogata, Über die Giftigkeit der schwefligen Säure. Arch. f. Hyg, Bd. II, S. 223.

Lehmann, Exper. Stud. über die Einfl. techn. hyg. wichtiger Gase etc. Arch. f. Hyg., Bd. V, VII, XIV, XVII, XVIII, XX, XXXIV. — Ders.: Über Gewöhnung an Fabriksgase. Arch. f. Hyg., XX. — Ders.: Über Resorption von giftigen Gasen. Arch. f. Hyg., XVII. (Lehmann kritisiert in seinen umfassenden Studien die Untersuchungen Eulenbergs und Hirts und gelangt zu ganz anderen Resultaten bezüglich der Giltigkeitsgrenzen der Gase als diese Autoren.)

[1]) Gewerbehygiene von Albrecht, Popper, Heinzerling, Sommerfeld, Merkel, Technologie von Wagner und Fischer; Bersch: Moderne Chemie.

[2]) Jaksch, Vergiftungen. — Werber-Kobert, Toxikologie.

[3]) In meiner zitierten Abhandlung über „giftige Gase" findet sich außer dem nunmehr zu behandelnden Stoffe auch eine Übersicht über den chemischen Nachweis gasförmiger Verunreinigungen in der Luft. Es hätte hier zu weit geführt, auch dieses Thema ausführlich zu behandeln.

Zu den Emanationen gasiger oder dampfförmiger Natur, welche wir hierher subsumieren, gehört vor allem die Chlorwasserstoff-(Salz-)Säure, die schweflige Säure und Fluorwasserstoffsäure, sowie die salpetrige Säure (Stickstoffdioxyd, nitröse Dämpfe), ferner die Halogene (Chlor, Brom, Jod) und das Ammoniak.

Die angeführten Stoffe sind bereits in verhältnismäßig geringen Konzentrationen schädlich. Und zwar liegt die Schädlichkeitsgrenze (Lehmann)

für Salzsäure bei 0·1—0·2 $^0/_{00}$
für Schwefeldioxyd bei 0·03—0·04 $^0/_{00}$
für Chlor oder Brom bei 0·01 $^0/_{00}$
bei Ammoniak bis 0·5 $^0/_{00}$.

Am gefährlichsten scheinen daher die Halogengase selbst zu sein.

Der Leser — der erfahrene Chemiker — wird nicht daran zweifeln, daß die hier angegebenen Konzentrationen in den Betriebsräumen chemischer Fabriken, wenn nicht besondere Vorkehrungen getroffen sind, nur zu leicht erreicht und überschritten werden.

Die angeführten Zahlen sind jedoch durchaus nicht zu strenge berechnet oder von dem übertrieben schwarz sehenden Auge des Gewerbehygienikers „entdeckt", sondern durch streng exakte Experimente von unserem genauesten Forscher auf diesem Gebiete, von Lehmann, erkundet und erwiesen.

Über die Halogene und das Ammoniak wäre noch nachfolgendes toxikologisches Detail erwähnenswert:

Nach Lehmanns[1]) Tierversuchen ist die Wirkung von Chlorgas und Bromdämpfen eine vollkommen analoge. Lehmann und Binz[2]) haben eine doppelte Wirkung des Chlors angenommen, eine narkotische (lähmende Wirkung auf die Großhirnrinde nach Aufnahme in den Kreislauf) und die bekannte ätzend-reizende Wirkung auf die Schleimhäute, welche einen allgemeinen Katarrh der Luftwege und Lungenentzündung hervorruft; nur die Reizung und Verätzung jedoch bringt die Gefahr für das Leben hervor. Jaksch und Werber-Kobert erwähnen die narkotische Hirnwirkung nicht und betonen, daß sich die Halogene, auf die Schleimhäute gebracht, schnell in die entsprechenden Halogenwasserstoffe umsetzen und als solche

---

1) **Lehmann**, Arch. f. Hyg., Bd. VII, S. 231 ff.

2) **Binz**, Narkot. Wirkung von Chlor, Brom, Jod. Arch. f. exp. Pathol., Bd. XIII.

ätzend wirken. Nach Lehmann schädigen, wie erwähnt, bereits 0·01‰ *Cl*- oder *Br*-Gehalt in der Luft; 0·1‰ rufen bereits Bildung krouposer Membranen (Verschorfung) der Schleimhäute und Lebensgefahr bei 1—2stündiger Einwirkung hervor; diese Grenzwerte sind bei Hirt verfehltermaßen viel zu hoch angegeben. Lehmann hat ferner die Gewöhnung an Chlor (an Hunden) quantitativ[1]) geprüft und gefunden, daß nach einmonatlicher Einwirkung die Resistenz gegen Chlor etwa um das Zehnfache gesteigert erscheint. In einer weiteren Versuchsreihe hat derselbe Autor[2]) erwiesen, daß selbst die kleinsten in der Atmosphäre vorhandenen Chlormengen durch die Atmung vollständig absorbiert werden. Bei Brom und Jod verdienen die Symptome der chronischen Vergiftung erwähnt zu werden, welche in Hautausschlägen und allgemeinen Ernährungsstörungen bestehen.

Das Ammoniakgas[3]) erzeugt anfänglich heftigen Reflexhusten, dann heftigste Reizung und Verätzung der Schleimhaut und der Respirationsorgane; bei genügend langer Einwirkung Tod durch Erstickung (Stimmritzenkrampf). Die Sektion ergibt dann eine diphtherieartige Verschorfung der Schleimhäute und Lungenentzündung; nach Jaksch kommen die bei Kobert angeführten Wirkungen auf das Zentralnervensystem (Erregung des verlängerten Markes und Rückenmarkes), die den NH_3-Verbindungen eigen sind, bei dem Gase nicht in Betracht, da die Verätzung des Respirationstraktes vorher schon den Tod herbeiführt.

Lehmann hielt bei seinen Selbstversuchen bis 0·33‰ NH_3 durch 30 Minuten aus; er fand in den Leuchtgasfabriken (bei ziemlich deutlichem Geruche) kaum über 0·1‰ NH_3-Gehalt der Atmosphäre und bezeichnet, wie oben erwähnt, 0·5‰ als unbedingt unzulässig (bei Hirt findet sich als Zulässigkeitsgrenze 4% angegeben!). Bei Hunden konnte Lehmann eine Gewöhnung an 1·0‰ NH_3 erzeugen (fünffache Menge des anfangs ertragenen NH_3). Durch die Atmung werden zirka 88% des in der Luft enthaltenen Ammoniaks absorbiert; nach Belky (Virchows Archiv 1896) übt das Ammoniak auch eine reduzierende Wirkung auf den Sauerstoff des Blutes (Oxyhämoglobin) aus.

---

1) **Lehmann**, Experimentelle Untersuchungen über Gewöhnung an Fabriksgase. Arch. f. Hyg., Bd. XXXIV, S. 302 (publiziert am Intern. Kongr. zu Budapest).

2) **Lehmann**, Arch. f. Hyg., Bd. XVII, S. 336.

3) **Lehmann**, Arch. f. Hyg., Bd. V, XVII, XXXIV (ausgedehnte Versuche an Mensch und Tier über die Wirkung, Resorption (Bd. XVII) und Gewöhnung (Bd. XXXIV) an NH_3.

In zahlreichen Industrien sind die Arbeiter den schädlichen Gasen dieser Gruppe ausgesetzt.

Mit der Salzsäure begegnen wir uns beim Leblancsodaverfahren und bei der Sulfatindustrie, ferner bei verschiedenen Färbereiverfahren.

Die gasförmige schweflige Säure bedroht die Hüttenarbeiter (insbesondere entweicht sie massenhaft beim Rösten der Kiese); bei der Schwefel- und vornehmlich auch bei der Schwefelsäureerzeugung (Bleikammerverfahren), ferner bei dem Mietscherlichschen Sulfit-Zelluloseverfahren spielt die schweflige Säure die Hauptrolle als chemisches Agens und als hygienisch bedenkliche Emanation. Ferner kommt es zur Entwicklung dieses Gases bei der Ultramarinfabrikation: hier entwickelt es sich in den Muffeln, in welchen ein Gemisch von Kaolin, Soda, Schwefel und Kohle oder eine ähnlich zusammengesetzte Komposition geschmolzen und geglüht wird. Die schweflige Säure dient auch der Bleicherei.

Die Fluorwasserstoffsäure entwickelt sich und entweicht bei der Kunstdünger-, nämlich der Superphosphatfabrikation, und zwar beim „Aufschließen" der Phosphorite (durch Mischen derselben mit Säuren); man benutzte die Fluorwasserstoffsäure (vor der Einführung der Sandstrahlgebläse) vielfach zum Glasätzen. Man kann daraus, daß diese Säure imstande ist Glas anzugreifen, sich von dem schädigenden Einflusse derselben auf die zarten Schleimhäute leicht einen Begriff machen. Nur kurze Zeit diesen Emanationen ausgesetzt, bedecken sich die Schleimhäute mit Geschwüren und Wunden.

Die Salpetersäure und die salpetrige Säure sind die Hauptagentien der modernen Sprengstoffindustrie, deren Arbeitern diese Säuredämpfe bei dem „Nitrier"-, „Scheide"- und „Nachscheideverfahren" etc. bei der Nitroglyzerinbereitung, ferner bei der Dynamit-, Schießbaumwolle- und Knallquecksilbererzeugung lästig und gefährlich werden. Die „nitrösen" Dämpfe spielen ferner eine gefährliche Rolle beim Bleikammerverfahren.

Brom und Jod haben in der Hygiene der chemischen Großindustrie eine mehr untergeordnete Bedeutung gegenüber dem souveränen Halogene dem Chlor, welches, wie schon oben erwähnt, neben der Fluorwasserstoffsäure die übrigen hier genannten Stoffe durch die Intensität der Reizwirkung übertrifft. Das Chlor wird in großen Mengen nach dem Weldonschen oder Deaconschen Verfahren aus Salzsäure erzeugt und zum Stoffbleichen in Bleichkammern eingeleitet oder zur Erzeugung des Chlorkalkes (in Chlorkalkkammern, Hasencleversystem) verwendet. Das Betreten der nicht genügend venti-

lierten Kammern behufs Ausräumung des gebleichten, respektive erzeugten Produktes ist natürlich äußerst gefährlich, je nach dem Grade der darin befindlichen Chlorgaskonzentration (siehe später: chemische Industrie).

Dem Ammoniak, das wohl hauptsächlich in der Leuchtgasfabrikation in Betracht kommt, ist hier wohl deshalb kaum eine größere gewerbehygienische Bedeutung zuzuschreiben, da es in der Betriebsluft dieser Fabriken, wie erwähnt, kaum je in einer 0·1‰ erreichenden Konzentration enthalten ist; auch dürfte beim Solvaysodaverfahren, in der Kälte-Industrie und Färberei, wo Ammoniak gleichfalls in Anwendung kommt, kaum je ein gefährlicher Konzentrationsgrad erreicht werden.

II. Gruppe: Dämpfe der Metalle und Metallverbindungen.[1]

Die reizende Wirkung tritt bei den Metalldämpfen in den Hintergrund; doch sind diese Emanationen außerordentlich gefährlich durch die „chronischen" (schleichenden) Vergiftungen, welche sie hervorbringen. Das elende Aussehen der Metalldampfarbeiter (Zinkhütten-, Blei- und Quecksilberarbeiter) ist der traurige Beleg dafür, daß es sich hier um heftige, in erster Linie den allgemeinen Ernährungszustand sehr übel beeinflussende Gifte handelt.

Es ist vor allem das Quecksilber, das bei jeder Temperatur teilweise in den dampfförmigen Zustand übergeht. Bei der Quecksilbervergiftung geht der oberwähnten, für die Metallvergiftungen charakteristischen allgemeinen Ernährungsstörung das Entstehen eines schwarzen Metallsaumes am Zahnfleische, ferner entzündliche Prozesse in der Mundhöhle und Hauterkrankungen voran; schwere nervöse Störungen und das Bild einer Geistesstörung mit tiefer Umnachtung sind gar manchmal der traurige Ausgang, wenn der Betroffene nicht rechtzeitig der Schädlichkeit entzogen wird.

Die hüttenmännische Gewinnung und die außerordentlich mannigfache Verwertung dieses Metalles[1]) geben leider nur zu oft Veranlassung zu Quecksilbervergiftungen. Im Hinblicke auf die oberwähnte Eigenschaft des Quecksilbers, bei jeder Temperatur zu dampfen, ist leicht zu erschließen, daß jede Industrie und jedes Gewerbe, in welchem Quecksilber zur Anwendung gelangt, auch gefährlich ist.

Durch die Quecksilberverhüttung werden ganze Gegenden samt ihren Insassen und der Vegetation (Idria in Krain) sehr schwer geschädigt, ja förmlich devastiert.

---

1) Vergl. später Kapitel Metallbearbeitung, dort auch spezielle Literatur.

Von den Gewerben, in denen Quecksilbervergiftungen mitunter gehäuft vorkommen, ist vor allem die Spiegelbelegerei (vergl. „Metallbearbeitung"), die Feuervergoldung, die Erzeugung der Glühlampen (nach Donath mehrere Fälle in Pest) und Barometer und Thermometer, ferner die Hasenhaarschneiderei, bei welcher Quecksilber zum Beizen verwendet wird, hervorzuheben.[1])

Das Zink wird bei der Zinkdestillation (vergl. später „Metallbearbeitung"), welche meist aus Muffeln erfolgt, dem Hüttenarbeiter gefährlich; ein ganz merkwürdiges „Zinkleiden" wurde bereits frühzeitig (Schlokow, Popoff 1873, 1879) bei den Gelbgießern beobachtet und später (Seiffert, Tracinski 1897) näher studiert. Diese Erkrankung wird das „Zinkfieber oder Gelbgießerfieber" genannt; es kommt hierbei zu eigenartigen Fieberattaquen mit Schüttelfrost und Schweiß, so daß das Gesamtbild dem Wechselfieber (ohne Periodizität der Anfälle) ähnlich sieht. Es dürfte eine kombinierte Quecksilber- und Kupfervergiftung sein (Simon), da die „Gießerfröste" bei der Zinkdestillation nicht beobachtet werden. Auch hier kann nur durch ausgiebigen Abzug der Dämpfe und energische Ventilation Abhilfe geschaffen werden.

Der Bleivergiftung haben wir bereits auf Seite 101 als „Bleistaubvergiftung" ausführlicher gedacht. Dieser gegenüber tritt die Bleidampfvergiftung bei der leichten Verstaubbarkeit des Bleies in den Hintergrund, da z. B. beim Bleiguß im allgemeinen die Temperatur kaum die zum Verdampfen nötige Höhe erreicht.

In der Bleihütte ist es der sogenannte „Flugstaub", welcher beim Ausräumen des Kondensationssystemes (Kanäle, Kammern) gefährlich wird.

---

[1]) Spez. Literatur über Quecksilber:

Schönleuk, Fürther Spiegelfabriken, 1888.

Wollner, Quecksilberspiegelfabrik in Fürth. Viertelj. f. öffentl. Gesundheitspflege. XIX, 3, S. 421.

Stickler, Hutfabrikation, 1886, Revue d'hygiène, VIII, S. 632.

Charpentier, Spiegelfabrik, Annal. d'hyg. publ., Avril 1885, S. 323.

Henke, Quecksilbervergiftung in Hutfabriken (Knauer, Frankfurt), 1899.

Wittzack, Vierteljschr. f. öffentl. Gesundheitspflege 1896, S. 612. Quecksilbervergiftung bei den Spiegelbelegern etc.

Donath, Pester Kongreß 1896. Quecksilbervergiftung in Glühlampenfabriken.

Renk, Quecksilberverarbeitung. Arbeiten a. d. kais. Gesundheitsamte, V, Heft 1.

Letulle, Hasenhaarschneiderei. Revue d'hygiène, XI, S. 40.

Glühlampenindustrie, A. Mitteilungen a. d. Ber. d. d. Fabr.-Insp. 1899.

Festner, Jahresb. d. Land. Med. Kollegs f. Sachsen 1892.

Hilger, Pharm. Zentralhalle, 1891, 33.

Engelhorn, Württembg. med. Korr.-Bl., 6. November 1890.

Über Hasenfellbeize, Jahresbericht d. Fabr.-Insp. 1884, S. 489.

III. Gruppe: Metalloide: Arsen, Phosphor, Chrom.[1])

Der Phosphor und das Arsen, denen wir das Chrom anschließen, sind vor allem Stoffwechselgifte, auf dieser Beeinflussung des Stoffwechsels beruht auch ihre medikamentöse Verwendung. Das Chrom, dem auch reizende Eigenschaften zukommen, bildet den Übergang zu dieser Gruppe, der Phosphor, welcher auch auf das Blut zerstörend wirkt, bildet die Brücke zur nächstfolgenden Gruppe.

Mit Ausnahme der akuten Arsenwasserstoffvergiftung handelt es sich bei den Inhalationsvergiftungen dieser Gruppe fast ausschließlich um chronische Vergiftungen.

Im Phosphor[1]) haben wir einen argen Feind der Arbeiterschaft vor uns; weniger gefährlich ist die Phosphorerzeugung aus Knochen (oder Phosphorit), vor allem ist es die Herstellung der Phosphorzündhölzchen. Erst Lorinser und Bibra haben den ursächlichen Zusammenhang jener bekannten und berüchtigten Phosphor-„Nekrose" des Unterkiefers mit der Einatmung von Phosphordämpfen nachgewiesen.

Das wesentlichste Symptom der chronischen Phosphorvergiftung ist eine Beinhautentzündung des Unterkiefers, welche zur Nekrose (Absterben) des Knochens und schließlicher Sequestration mit Totenladenbildung führt (Umschließung des abgestorbenen Knochens durch frische Knochensubstanz und Abstoßung desselben). Von manchen Autoren (Villaret, Knipers) wird angegeben, daß auch Beinhautentzündungen am Oberkiefer bei Phosphorarbeitern keine Seltenheit sind. Heinzerling (Gew.-Hygiene 1886) endlich beschreibt auch andere Krankheitserscheinungen, welche durch Phosphordämpfe hervorgerufen werden, und zwar einen Fall von Entzündung an der Brust, welcher leider nicht spezifiziert ist, und Fälle von Magenerkrankungen. Helbig (in Weyls Hygiene) und Magitot erklären die Zahnkaries als ursächliches Moment der Phosphorvergiftung; nach Helbig genügt ein einziger kariöser Zahn. Dieser sogenannten lokalistischen oder französischen Ansicht, welche auch von Layet vertreten wird, steht die von Weihe vertretene „deutsche" Ansicht mit der Behauptung einer „allgemeinen" Einwirkung der Phosphordämpfe entgegen; v. Stubenrauch (Zeitschr. f. Gew.-Hygiene, Jahrg. 1898) hat diesen Streit augenscheinlich zu gunsten der ersteren Ansicht entschieden, nachdem er durch Tierexperimente nachwies, daß Phosphornekrose nur bei Vorhandensein von Zahnkaries oder Knochenhautwunden zustande kommen kann.

[1]) Siehe später die speziellen Kapitel, dort auch Literatur.

Die Arsendämpfe bringen die Gefahr der chronischen Arsenvergiftung (beschrieben als Staubvergiftung auf Seite 101) mit sich, wenn sie immer wieder in schwacher Konzentration eingeatmet werden — Einatmen größerer Mengen von Arsenwasserstoff führt bekanntlich sehr schnell zum Tode; dieses heftige Gift hat bereits mehrere Opfer aus den Reihen der Chemiker gefordert. Der Arsenverhüttung haben wir bereits bei Erwähnung des Arsenikstaubes (Gifttürme, Giftmehl) gedacht. Die Anwendung des Arsens und seiner Verbindungen in der Industrie hat in letzterer Zeit durch den Ersatz des „Arsenverfahrens" bei der Fuxinerzeugung, ferner durch das Vermeiden der Arsenbeizen (Opermentküpen der Färberei, ferner Enthaaren etc.) eine wirksame Einschränkung erfahren.

Den Emanationen der Chromindustrie wurde in neuerer Zeit (Bericht des Düsseldorfer Gewerberates 1894) vom gewerbehygienischen Standpunkte Beachtung geschenkt. Die Dämpfe, welche den heißen Chromatlaugen entsteigen, sind für den Arbeiter gefährlich; die letzten Jahre brachten Publikationen, in welchen eine eigentümliche, die Nasenwand zerstörende Geschwürsbildung der Nasenschleimhaut als Folge der Chromeinatmung dargestellt wird.

IV. Gruppe: Die gasförmigen Blutgifte.

In diese Gruppe finden sich die gasförmigen Stoffe zusammengefaßt, deren wichtigste Eigenschaft ist, mit dem Blute mehr weniger feste Verbindungen einzugehen oder auf das Blut zerstörend einzuwirken; während die schwefelhaltigen Glieder dieser Gruppe auch eine intensive Fernwirkung entfalten, tritt diese bei den nicht schwefelhaltigen Blutgiften gegenüber der Blutwirkung in den Hintergrund.

a) Gruppe des Schwefelwasserstoffes und Schwefelkohlenstoffes.

Hier kommt neben der Blutwirkung vorzüglich auch eine intensive Beeinflussung des zentralen Nervensystemes in Betracht.

Über die Wirkung des Schwefelkohlenstoffdampfes[1]) hat Lehmann exakte Experimente an Mensch und Tier angestellt und bei kleineren Tieren (Kaninchen), welche durch 100 Minuten einer 10 *mg* CS_2 im Liter enthaltenden Atmosphäre ausgesetzt waren, schwere Erscheinungen (bis zur Reflexlosigkeit) eintreten gesehen. Beim Menschen, welcher sich durch etwa 1 Stunde in derselben Atmosphäre (6—10 *mg* CS_2 im Liter Luft) befand, trat

[1]) Literatur über Schwefelkohlenstoff und Angaben über die Schwefelkohlenstoffindustrie vergl. später das spezielle Kapitel.

Benommenheit, Brechreiz, Abstumpfung der geistigen Fähigkeiten (Halbnarkose), Ameisenlaufen und Schmerz in den Respirationsorganen auf. Es kommt demnach bei verhältnismäßig geringem CS_2-Gehalte der Luft bereits zu bedenklichen Symptomen.

Nach Jaksch ruft der Schwefelkohlenstoff einen Zerfall der roten Blutkörperchen hervor (Melaninbildung im Blute wie bei Malaria).

Ferner ist die durch fortwährende Inhalation kleiner CS_2-Mengen entstehende chronische CS_2-Vergiftung in Betracht zu ziehen; nach mehr minder langem Stadium der Vorboten (Kopfschmerz, Schwindel, Erbrechen) folgt ein Stadium der Erregung (Aufbrausen, Zorn, Lustig- und Schwatzhaftwerden, Schlaflosigkeit, Krämpfe), dann ein Depressionsstadium (Traurigkeit, Gedächtnisschwäche, lallende Sprache, Lähmungen, allgemeiner Kräfteverfall, manchmal Blindheit und Taubheit). Es herrschen demnach bei der chronischen Vergiftung die zerebralen (Gehirn-)Symptome vor.

Sapelier und Dujardin-Beaumetz (Ann. d'hyg. 1896) haben geglaubt, daß die Giftigkeit des Schwefelkohlenstoffes auf in demselben in geringen Mengen enthaltenen Schwefelwasserstoff zu beziehen wäre; Lehmann hat jedoch durch seine oberwähnten exakten Versuche die Unrichtigkeit dieser Angaben nachgewiesen.

Chlorschwefel. Tierversuche (von Lehmann und Westenberg angestellt) haben ergeben, daß der technische Schwefelkohlenstoff, welcher Chlorschwefel enthält, keine andere Schädigung hervorruft als der reine Schwefelkohlenstoff. Der Zusatz von Chlorschwefel ist demnach hygienisch belanglos.

Schwefelwasserstoffvergiftungen spielen im Gewerbe eine untergeordnetere Rolle, doch kann über die Schädlichkeit dieses heftigen Gasgiftes, das immerhin auch bereits Opfer gefordert hat (plötzlicher Tod der Kloakenräumer durch Einatmen großer Schwefelwasserstoffmengen) nicht hinweggegangen werden ohne der experimentellen Arbeiten über die Verunreinigung der Atmosphäre durch diesen Stoff zu gedenken.[1])

---

1) Literatur:

Lehmann, Exper. Studien über Schwefelwasserstoff. Arch. f. Hyg. 14, S. 142 ff.

Jaksch, Vergiftungen, S. 164.

Macke, Tödl. Vergiftungen durch H_2S. Zeitschr. f. Med.-Beamte 1899.

Römer, H_2S-Vergiftungen bei Paraffinarbeitern.

Lehmann, Exp. Untersuchungen über Gewöhnung an Fabr.-Gase. Arch. f. Hyg. 34, S. 303.

Lehmann, Studien über die Absorption giftiger Gase. Arch. f. Hyg. 17, S. 332.

Während zahlreiche Forscher den Schwefelwasserstoff für ein exquisites Blutgift erklären, führen andere (Pohl, Heinzerling in Weyl) seine plötzliche Wirkung auf die Bildung von Schwefelkali im Organismus und Lähmung des Zentralnervensystems zurück. Jedenfalls steht es fest, daß der Schwefelwasserstoff mit dem Blutfarbstoffe (Hämoglobin) eine eigenartige feste Verbindung (Sulfhämoglobin genannt) eingeht, welche sich im Blute mit dem Spektroskope nachweisen läßt.

Wird eine große Menge H_2S auf einmal eingeatmet, dann stürzt der Vergiftete wie vom Blitze getroffen unter schweren Erstickungserscheinungen zusammen und erliegt auf das rascheste. Geringe Konzentrationen ließ Lehmann von Menschen einatmen und wies nach, daß 0·15 pro mille H_2S-Gehalt der Luft selbst bei mehrstündiger Einatmung unschädlich sind, von etwa 0·2 pro mille ab genügen aber schon einige Stunden, um Schädigungen hervorzubringen; es traten Schmerzen in den Augen und der Nase, Kopfschmerz, Blässe, Zittern, Benommenheit ein; der Augenkatarrh hält nach dem Versuche länger an. Eine dreistündige Einwirkung einer 0·5 pro mille H_2S enthaltenden Atmosphäre ruft bereits sehr bedenkliche Symptome hervor. Lehmann hat ferner eine zunehmende Empfindlichkeit (bei oftmaligem Einwirken) gegen H_2S an Mensch und Tier erwiesen; es findet also keine Gewöhnung statt; durch eine weitere Reihe von Experimenten hat Lehmann betreffend die Absorption des H_2S durch die Atmung gezeigt, daß bei geringem Schwefelwasserstoffgehalte die Absorption dieses Gases aus der Luft im Wege der Atmung eine fast absolute sei und mit Erhöhung des Gehaltes und der Einwirkungsdauer die Absorption stets weniger vollständig werde.

Heinzerling (in Weyl, 29. Lfrg., Seite 644) beschreibt eine von den Franzosen „la mite" genannte chronische Schwefelwasserstofferkrankung, welche u. a. in Schwäche, Abgeschlagenheit, Diarrhoe und chronischem Augenkatarrhe besteht.

b) Gruppe der Kohlensäure, des Kohlenoxydgases und der Cyanverbindungen.

Bei den hier eingereihten schwefelfreien Verbindungen tritt die Blutwirkung noch entschiedener in den Vordergrund.

Die Kohlensäure wird bekanntlich vom Blute des Organismus gebunden und ist normalerweise in demselben vorhanden, die Bindung ist eine lockere, vom Druck abhängige. Das Blut kann nun infolge des Aufenthaltes in einer vorwiegend CO_2 enthaltenen Luft mit CO_2 überladen werden, da es die eigene Kohlensäure nicht abgeben kann und im Gegenteil neue

aufnimmt. Es kommt zur Erstickung (Ohnmacht, schwere Betäubung, tiefe Bewußtlosigkeit, Blauwerden); da die Bindung der CO_2 jedoch eine verhältnismäßig lockere ist, so erholt sich der Betroffene, falls er beizeiten der CO_2-haltigen Atmosphäre entzogen wird, in der Regel bald. Außer den oben angeführten Blut- und Gehirnwirkungen bringt die Kohlensäure auch heftiges Erröten der Haut (Hyperämie) unter gleichzeitiger Herabsetzung des Empfindungsvermögens (Anästhesie) hervor.

Lehmann hat nach Prüfung der Resultate Pettenkofers, Forstners und Emmerichs auch über Kohlensäure genaue Experimente (teilweise in der Kohlensäureatmosphäre von Gärkellern) angestellt (Arch. f. Hyg. 34, Seite 346); er fand, daß ein Kohlensäuregehalt von 1 und 2·5% auf kräftige, gesunde Individuen keine gesundheitsschädliche Einwirkung übt, selbst wenn in dieser Atmosphäre jahrelang täglich durch viele Stunden geatmet wird; es kommt bei solchen jugendfrischen Individuen sogar dann zu keiner bleibenden Schädigung, wenn daneben dann und wann Dosen von 6—12% leichtere oder schwerere akute Vergiftungen hervorrufen. Solche akute Vergiftungen sind z. B. in unventilierten Brauereien keine Seltenheiten.

Für Industrie und Gewerbe ist das Kohlenoxydgas außerordentlich bedeutungsvoll. Dieses Gas hat bekanntlich weder Farbe noch Geruch und kann darum mit Recht ein tückisches Gift genannt werden. Das Kohlenoxyd entwickelt sich bekanntlich überall dort, wo Kohle (Kohlenstoff) bei verhältnismäßig zu geringem Luftzutritte, respektive Sauerstoffzutritte verbrennt. Das Kohlenoxyd ist ein sehr gefährliches Gift, was sich aus der Art seiner Einwirkung auf den Organismus erklärt: Es ist ein Blutgift im wahrsten Sinne des Wortes, indem es den Sauerstoff aus dem Blute (Blutfarbstoffe) verdrängt, wodurch die Funktion des Blutes, Sauerstoff an die Gewebe abzugeben (siehe Kreislauf auf Seite 14) unmöglich wird. Das Blut hat zum Kohlenoxyd eine sehr große Affinität (200mal größer als zum Sauerstoffe), so daß es in jeder Konzentration sofort gierig aus der Atmosphäre aufgenommen und dem Blute einverleibt wird. Im Blute ist das Kohlenoxyd außerordentlich fest an den Blutfarbstoff gebunden; das Kohlenoxyd verleiht dem Blutfarbstoffe, in welchem es spektralanalytisch nachweisbar ist, eine hellrote (kirschrote) Färbung, wodurch auch die Hautoberfläche von Kohlenoxydleichen derartig gefärbt erscheint. Die Vergiftung leitet sich mit Üblichkeit und Benommenheit ein, worauf bald immer tiefer werdende Bewußtlosigkeit folgt; der Vergiftete schläft ins Jenseits hinüber — er ist dem

Tode schwer zu entreißen, da selbst das frühzeitige Einleiten künstlicher Atmung das Blut meist nicht mehr von der Einwirkung des Giftes befreien kann.

In der Industrie begegnen wir dem Kohlenoxyd nur zu häufig und daher sind Unglücksfälle durch *CO*-Vergiftung keine Seltenheiten.

Die unrichtige Bedienung von Feuerungen, plötzlich eingeschränkter Zug, zu kleiner oder zu wenig freier Rost, Nachlegen zu großer Mengen kalten Brennmateriales bei kleiner Flamme und geringem Zuge — können Veranlassung zum ausgiebigen Ausströmen von Kohlenoxyd werden.

Die Leiche eines mit Kohlenoxyd Vergifteten bietet die auffällige Erscheinung, daß sämtliche inneren Organe und auch die Haut (Totenflecke) kirschrot gefärbt erscheinen.

Goldschmid (in Weyl, Seite 802) erklärt bereits 0·02% *CO*-Gehalt in der Luft für genügend, um Vergiftungserscheinungen hervorzurufen. Für Kaninchen sind 11·5 *mg CO* tödlich, für den Menschen zirka 0·8 *g CO* todbringend. Goldschmid beschreibt ferner als Nachkrankheiten, welche sich einer akuten *CO*-Vergiftung anschließen können: Aufliegen (sogenannter Decubitus), Blutungen in Gehirn und Lunge; nervöse Ernährungsstörungen der Organe (Trophoneurosen), Erkrankungen des Zentralnervensystemes (wie multiple Sklerose, Paralyse, Veitstanz u. a.). — Heineke beschreibt einen eigentümlichen Zerfall der weißen Blutkörperchen bei Kohlenoxydvergiftung unter Bildung von weißen Blutgerinnseln (Thromben). Am meisten charakteristisch ist jedoch der erwähnte Blutbefund. Das Kohlenoxydhämoglobin wird spektralanalytisch folgendermaßen erkannt: Es weist zwei Absorptionsstreifen zwischen der Fraunhoferschen *D*- und *E*-Linie gleich dem normalen Blutspektrum auf; diese Absorptionsstreifen lassen sich durch Zusatz reduzierender Mittel nicht wie beim normalen Blute zu einem Bande vereinen.

Auch die Blausäure (Cyanwasserstoff[1]) geht nach Kobert und Hoppe-Seyler eine Verbindung mit dem Blutfarbstoffe (Cyanmethämoglobin) ein; doch hält Jaksch die Untersuchungen über die Blutwirkung der Cyanverbindungen für noch nicht abgeschlossen. Jedenfalls findet die schnellste Aufnahme und Weiterführung durch das Blut statt. Die Cyanpräparate lähmen das Zentralnervensystem nach kurzer Erregung

[1]) Literatur: Belästigung einer Stoffdruckerei durch Cyandämpfe. Zeitschrift für Gew.-Hygiene, S. 205, 1899. — Chronische Blausäurevergiftung bei Versilberern: Merrbach: Hyg. Rundschau, Nr. 1, 1899. — Cyankali bei galv. Vergoldung etc. Jahresb. d. hess. Fabr.-Insp. 1895.

des verlängerten Markes; nach großen Dosen spielt sich der ganze Vergiftungsprozeß in wenigen Sekunden ab, der Vergiftete stürzt zu Boden ohne Bewußtsein und Gefühl, in kurzer Zeit tritt unter Konvulsionen und krampfhafter Respiration die allgemeine Lähmung und der Tod in 2—5 Minuten ein; war die Dosis eine kleinere, dann kann der Tod auch eine Stunde auf sich warten lassen; es ist dann oft möglich, deutlich drei Stadien zu unterscheiden: 1. Das einleitende asthmatische Stadium (Schlundkratzen, Atemnot, Schwindel); 2. das konvulsivische Stadium (Bewußtlosigkeit, Krämpfe); 3. das asphyktische oder paralytische Stadium (Pupillenerweiterung, allgemeine Lähmung). Der eröffnete Leichnam riecht nach Blausäure (bitteren Mandeln) und zeigt hellrotes Blut (über Cyanverbindungen, vergl. auch später „chemische Industrie").

V. Anhang zu den anorganischen Gasen: Indifferente Gase: Stickstoff, Wasserstoff, Sumpfgas und Übergang zu den organischen Gasen.

Die indifferenten Gase seien nur der Vollständigkeit halber hier erwähnt. Sie sind nicht giftig und wirken nur dadurch schädlich, daß sie durch ihr Vorhandensein in der Atmosphäre den Sauerstoff verdrängen; in der Industrie dürften wohl kaum je gefährliche Mengen dieser Gase vorkommen.

Die letzten beiden Gruppen (IV und V) bilden zugleich den Übergang zu den nunmehr zu besprechenden schädlichen Gasen rein organischer Natur, nachdem sie sich wie letztere aus *C, H, O, N* und *S* zusammensetzen. Speziell das Methan (Sumpfgas) bildet die Brücke zwischen den beiden, nicht nur chemisch, sondern auch toxikologisch-physiologisch nicht streng zu trennenden Gruppen der organischen und anorganischen Verbindungen.

B. Gase rein organischer Natur.

I. Hauptgruppe: Fettkörperreihe.

1. Gruppe der Alkohole des Chloroforms und Äthers (niedrige Oxydationsstufen der Hydroxylsubstitution und ihre Halogen-Substitutionsprodukte).

Diese Gruppe kann man auch im allgemeinen die Gruppe der „narkotisch" wirkenden Verbindungen der Fettreihe nennen. Die narkotische Wirkung besteht in einer Verminderung der Funktionen des Großhirnes. Die akuten Vergiftungen mit diesen Stoffen verlaufen unter dem bekannten Bilde der „Narkose",

einer fortschreitenden Lähmung der Großhirnfunktionen mit vorangehendem Stadium der „Exzitation" (Erregung) dadurch, daß zunächst die Unlust- und Hemmungsgefühle betäubt werden.

Weder diese Symptome noch das bekannte Bild einer chronischen Alkoholvergiftung kommen bei gewerblichen Vergiftungen durch Einatmung von Stoffen dieser Gruppe deutlich zum Ausdrucke, da es sich entweder um zu schwache Dosen oder meist um keine reine Alkoholwirkung handelt.

Der Äthyl-Alkohol-, Äther- und Chloroform-Dampf etc. geben keine Veranlassung zu gewerblichen Vergiftungen. Anders steht es mit den Alkoholen der höheren Reihen und dem Methyl-Alkohol; nach Jaksch sind Vergiftungen mit reinem Methyl-Alkohol nicht bekannt. Goldammer (V. f. g. M. 1878) will einen solchen Vergiftungsfall mit tödlichem Ausgange beobachtet haben; nach Villaret (in Albrecht, Seite 117) kommen bei mit Methyl-Alkohol (Holzgeist) Beschäftigten Kopfschmerzen und allgemeines Unbehagen (also Großhirnerscheinungen) vor, doch ist auch hier auf die Komplikation durch Verunreinigungen hingewiesen. — Zu erwähnen ist ferner das Fuselöl, eine Destillationsverunreinigung unserer alkoholischen Getränke, bestehend aus Propyl-, Isopropyl-, Butyl- und vor allem Amylalkoholen, welche noch wenig studiert, jedenfalls ein heftiges Gift für das Zentralnervensystem darstellen und gewiß oft viel zu den schweren Erscheinungen der Alkoholvergiftung beitragen. Werden geringe Mengen dieser Alkohole eingeatmet, so entsteht Hustenreiz, heftiger Schwindel, Atemnot und Herzklopfen. Auch das Amylenhydrat (tertiärer Amylalkohol), welches durch Harnack und Meyer genauer studiert wurde, hat eine reine narkotische Hirnwirkung. Der ungesättigte Allylalkohol ruft, abgesehen von schweren nervösen Symptomen, heftige Reizerscheinungen der Nasenschleimhaut und der Bindehaut des Auges hervor.

Von den Halogensubstitutionsprodukten der Kohlenwasserstoffreihe sei hier das Brommethyl erwähnt, durch dessen Einatmung (nach Schuler, Viertelj. f. öff. Gespfl. 1899, Seite 606) mehrere Arbeiter an allgemeiner Schwäche, krampfartigen Anfällen und Coma erkrankten; später angestellte Tierversuche erwiesen, daß Brommethyl imstande ist, bei Tieren Lungenblutungen und Lungenödem hervorzurufen (abgesehen von Gehirnsymptomen).

2. Gruppe: Höhere Oxydationsstufen (Aldehyde, Säuren).

Bei den organischen Säuredämpfen (Essig-, Ameisen-, Propion- und den höheren Fettsäuren), sowie bei manchen

Aldehyden (Acrolein etc.) und Ketonen (Azeton) tritt wie bei den organischen Säuren die Reizwirkung in den Vordergrund.

Besonders hervorzuheben ist das Acrolein (Allylaldehyd), welches bei der Fettdestillation (Stearinfabrikation) entsteht. Bezüglich der allgemeinen Charakteristik können wir auf das über die anorganischen Säuredämpfe Gesagte hinweisen.

3. Gruppe: Nitro- und Nitroso-Verbindungen der Fettreihe.

(Salpeter- und Salpetrigsäure-Ester.)

Die Wirkung dieser Gruppe hängt vorzüglich von dem Nitro-, respektive Nitrosorest ab. Die narkotische Wirkung der in diesen Verbindungen enthaltenen Kohlenwasserstoffgruppe tritt in den Hintergrund.

Vor allem bedingen diese Stoffe eine hochgradige Erweiterung der kleinen arteriellen Gefäße (durch Lähmung der in ihrer Wandung vorhandenen, sie verengenden Muskulatur), infolgedessen sinkt auch der Blutdruck durch die Arterienerschlaffung bedeutend; die Haut rötet sich, besonders das Gesicht wird unter lebhaftem Hitzegefühle hochrot. In diese Gruppe gehören vor allem das Amylnitrit, von welchem schon wenige Tropfen auf das Taschentuch gebracht und eingeatmet die lebhafte Rötung und Hitze des Gesichtes hervorrufen, und das Nitroglyzerin (Glyzerintrinitrat, dreifacher, salpetersaurer Ester des dreiwertigen Alkohols, Glyzerin), welches eine größere gewerbe-hygienische Bedeutung hat; die Nitroglyzerinarbeiter klagen über Schwindel, Kopfschmerz, Unwohlsein u. s. w., was den oberwähnten, allgemeinen Grundzügen der Vergiftungserscheinungen dieser Gruppe vollkommen entspricht.

4. Ammoniakbasen und 5. Nitril der Fettreihe (Cyan).

Wir fügen diese Gruppen nur der Vollständigkeit halber ein. Die Ammoniakbasen der Fettreihe (Amine) wirken ähnlich wie das Ammoniak selbst (siehe dieses), da die Wirkung der Kohlenwasserstoffgruppe (Narkose) gegenüber der mächtigeren Wirkung des Ammoniakrestes völlig in den Hintergrund tritt.

Das Nitril gelangte bereits als Blausäure (Cyanwasserstoff) bei den anorganischen Gasen zur Besprechung.

Anhang.

Von den Kohlenwasserstoffen, den Stammhaltern der Fettreihe, ist bereits das Sumpfgas als „indifferentes" Gas erwähnt worden; doch kommt ihnen allen gleich dem Sumpfgase

keine gewerblich-hygienische Bedeutung zu, mit Ausnahme des Gemenges von höheren Kohlenwasserstoffen, welches wir als Petroleum verwerten. Dieses setzt sich aus niedrig- und hochsiedenden Anteilen aus Petroleumbenzin, dem höhersiedenden Leuchtöl (eigentliches Petroleum) und den hochsiedenden Paraffinen zusammen. *a)* Das niedrigsiedende Petroleumbenzin, auch Petroleumäther genannt (mit seinen Bestandteilen: Gasolin, Ligroin, Benzolin), ist als Putz- und Reinigungsmittel bekannt. Das Einatmen von Benzindampf in großer Menge kann gefährlich werden. Fleurton (Lancet, 2, 865, 1886) berichtet, daß ein so vergifteter Arbeiter bewußtlos in einem leeren Benzinreservoir aufgefunden wurde. Rosenthal (Zentralbl. f. innere Med. 13, Seite 281) und Falk (Vierteljahrschr. f. ger. Med. 3, Seite 399, 1892) beschreiben schwere narkotische Vergiftungen durch innerliches Einnehmen von Benzin, von denen eine in 10 Minuten tödlich verlief. Das Benzin scheint im allgemeinen noch schwerere narkotische Erscheinungen hervorzurufen als das raffinierte Petroleum.

b) Der Petroleumdampf[1]) (destilliert zwischen 150 und 300° C.). Nach Jaksch und Goldschmidt (in Weyl) können sowohl akute als chronische Petroleumvergiftungen gewerblicher Natur zustande kommen. Die akuten Petroleumvergiftungen kommen nur selten durch Inhalation zustande, meist durch Einnehmen von Petroleum (selbst 300 cm^3 wirkten noch nicht tödlich). Eine akute Petroleuminhalationsvergiftung beschreibt Korschenewski aus seinen Beobachtungen in Baku; es trat Bluthusten und Bluterbrechen, dann Gelbsucht, Delirien und der Tod ein; im übrigen wird von den Autoren dem Petroleum eine heftige lähmende (narkotische) und auch erregende (Phantasien, Krämpfe, Zuckungen) Wirkung auf das Zentralnervensystem zugeschrieben. Als Symptome der chronischen Vergiftung werden von Hirt protrahierte Katarrhe, ferner als Hirnwirkung Gedächtnisabnahme, Schwindel, Kopfweh u. a. beschrieben; Korschenewski beobachtete bei den Baku-Arbeitern Abstumpfung des Geruches und chronischen Katarrh der Luftwege.

---

[1]) Literatur:

Heinzerling, Gefahren der chem. Ind., 5. Heft, Petroleum, 1885, 263.

Dankwerth, Pharmaz. Zentralhalle, 1868, 118.

Weinberger, Zwei Fälle v. Asphyxie durch Petroleumdunst. Wiener med. Halle. 40. Bd., S. 379.

Korschenewski, Wratsch, 1887, Nr. 17.

Johanessen, Berl. kl. Wochenschr. 33, 317.

Conrads, Berl. kl. Wochenschr. 33, 982.

Über die Petroleumindustrie.[1])

Einatmen großer Mengen von Petroleumdampf ist jedenfalls sehr gefährlich und kann — wie bei einzelnen der in Baku an den Naphthafontänen beschäftigten Arbeitern beobachtet wurde — plötzlichen Tod zur Folge haben. Stetiges Sichaufhalten in mit Petroleumdampf geschwängerter Luft hat langwierige Katarrhe, ferner, wie erwähnt, Gehirnerscheinungen (Schwindel, Kopfweh etc.) zur Folge. Die für die Petroleumarbeiter charakteristischen Hautleiden, durch welche diese Menschen oft ganz elend werden und herabkommen, sind wohl mehr auf die direkte Berührung mit Petroleum als auf die Emanationen desselben zurückzuführen.

Von den Petroleumdämpfen sollen die Arbeiter in den „Empfangsräumen" am meisten geplagt werden.

Einen gewaltigen Übelstand bildet ferner die Anhäufung schwefeliger Säure in den Räumen, in welchen die Reinigung der Naphtha mittels Schwefelsäure und insbesondere wo die Regeneration der Schwefelsäure aus den Naphtharückständen vorgenommen wird; besonders bei den mit letzterer Prozedur beschäftigten Arbeitern sind nach Berthenson schwere Kehlkopfentzündungen, Bronchialkatarrhe, Blutspeien und Kurzatmigkeit keine Seltenheiten.

Damit bei der Raffination des Petroleums mittels Schwefelsäure die Arbeiter nicht belästigt werden, hat Nawratil einen auch als technisch vorteilhaft geschilderten Apparat konstruiert. Es dient ein mit Blei gefütterter Holzbottich als Agitator; mittels eines verzweigten Rohres wird vom Boden aus in den Bottich, welcher eine Mischung von Petroleum und Schwefelsäure enthält, Luft hineingepreßt. Der Bottich ist luftdicht zugedeckt und in seinem Deckel befindet sich ein Schlot, welcher über Dach führt; so wird die beim Agitieren sich entwickelnde schwefelige Säure über Dach gedrängt. Diese Art des Agitierens mittels Preßluft, welche den Apparat zugleich ventiliert, ist der mechanischen Agitation mittels Flügelschrauben oder archimedischen Schnecken entschieden vorzuziehen.

Die von Berthenson zum Schutze der Petroleumarbeiter geforderten Maßnahmen beschränken sich auf allgemeine Ventilations- und Arbeiterschutzregeln — Abschließung des Destillations- und Feuerraumes, Dichtigkeit der Blase etc.

---

[1]) Nachdem wir diesem der deutschen chemischen Industrie mehr ferne stehenden Gegenstande kein spezielles Kapitel widmen, schalten wir das wichtigste Wissenswerte hier ein.

Von den Nebenprodukten der Petroleumindustrie ist vor allem die Anwendung des Benzins (in zahlreichen Industrien) vom hygienischen Standpunkte, wie erwähnt, nicht gleichgiltig, da die Benzindämpfe Gesundheitsstörungen hervorrufen können; solch ein schädigender Einfluß wurde bei den Entfettungsprozeduren in der Textilindustrie beobachtet, wobei Benzin in Anwendung kommt; ferner verdampft Benzin massenhaft bei der Erzeugung wasserdichter Stoffe durch Auftragen von in Benzin gelöster Kautschukmasse. Die Beschäftigten leiden an Kopfschmerz, Flimmern vor den Augen, Ohrensausen und anderen nervösen Störungen, Abgeschlagenheit und Abmagerung.

II. Hauptgruppe: Aromatische Reihe.[1])

Der aromatische Kern (Benzol-Ring C_6H_6), der diese Gruppe chemisch charakterisiert, wird im Organismus nie zerlegt, sondern als solcher wieder ausgeschieden, welchem Oxydations- oder Reduktionsvorgange auch die betreffende aromatische Verbindung als Ganzes unterliegen mag. Der Benzolkern verleiht diesen Verbindungen auch einen gemeinsamen Charakter bezüglich ihrer physiologisch-toxischen (Gift-) Wirkung. Sie besitzen eine spezifische Wirkung auf das Zentralnervensystem (Gehirn, Rückenmark) und eine allgemeine Wirkung auf das Protoplasma der organischen Zelle (Zellkörper), indem dieses zur Koagulation (Gerinnung) gebracht wird, woraus sich die allen diesen Verbindungen gemeinsame, Bakterien tötende, antiseptische Wirkung und Ätz- und Reizwirkung ergibt, welch letztere besonders bei den Phenolen (*HO*-Substitutionsprodukten, also Alkoholen) hervortritt, welche exquisiten, säureartigen Charakter zeigen (Karbolsäure).

Bei Jaksch findet sich außerdem als gemeinsame Eigenschaft der aromatischen Stoffe angeführt, daß sie Methämoglobin im Blute bilden, demnach als Blutgifte wirken. Überdies reizen sie auch intensiv die Niere. Nach dieser allgemeinen Charakteristik, welche es erlaubt, sich ein Bild der Vergiftung mit jenen Körpern dieser Reihe zu machen, die hier der großen Mannigfaltigkeit halber nicht alle besprochen werden können, gehen wir nur auf die wichtigsten des Näheren ein.

---

[1]) Der für unsere deutsche Industrie so bedeutungsvollen Teerindustrie widmen wir bezüglich der nötigen Ventilations- und sonstigen Schutzmaßnahmen gegen die Luftverunreinigung später ein spezielles Kapitel.

1. Benzol, seine Hydroxylderivate (Phenol etc.) und Methylsubstitutionsprodukte (Xylol, Toluol) und das Naphthalin.

Bei dieser Gruppe kommt die oben erläuterte Benzolkernwirkung am deutlichsten zur Geltung. Bei Aufnahme von Benzoldämpfen (Siedepunkt 80°) kommt es zu Kopfschmerz, Schwindel, Rötung des Gesichtes, Delirien, epilepsieartigen Krämpfen und Gefühllosigkeit. Die Oxy- und Dioxybenzole (Phenol, Resorzin etc.), welche, wie oben erwähnt, heftig reizen, spielen keine Rolle bei den industriellen Gasvergiftungen. Auch die Kresol- und Xylol-(Dimethylbenzol-)Vergiftungen reihen sich hier an. Sie verlaufen ähnlich wie die Phenolvergiftung. — Das Naphthalin, welches zwei aneinander gekettete Benzolkerne in sich birgt, geht schon bei gewöhnlicher Temperatur in den dampfförmigen Zustand über; es gibt zu einer heftigeren Belästigung der Arbeiterschaft Veranlassung. Abgesehen von seinem widerlichen Geruche, ruft Naphthalin auch Vergiftungssymptome, wie Kopfschmerzen und Erbrechen, auffallend heftiges Schwitzen (Hyperidrosis, Villaret in Albrecht) hervor.

Das leicht resorbierbare Naphthol erregt Nierenreizung und wirkt nach Baatz (Zentralbl. f. klin. Med. 15, Seite 456) ähnlich dem Karbol, indem es Erbrechen, Krämpfe, Bewußtlosigkeit (Coma) hervorruft.

2. Nitro- und Nitrosoderivate der aromatischen Verbindungen.

In dieser Gruppe finden sich die Erscheinungen, welche der aromatische Kern hervorruft, kompliziert mit den oben bei Amylnitrit beschriebenen, durch die Nitrogruppe hervorgerufenen Vergiftungssymptomen (Erweiterung der Blutgefäße). Bei der gewerblich hygienisch nicht bedeutungslosen Nitrobenzolvergiftung ($C_6 H_5 NO_2$) tritt oft frühzeitig Bewußtlosigkeit ein, so daß sogar der Tod herbeigeführt werden kann, indem während tiefer Bewußtlosigkeit Erbrochenes eingeatmet wird, was Erstickung zur Folge hat. Im weiteren Verlaufe ist ein auffallendes Blauwerden von Ohren, Lippen und Händen zu konstatieren. Dieses Blausein sowie eine enorme Mattigkeit und Abgeschlagenheit bleiben noch lange bestehen, falls der Patient überhaupt aufkommt. Als weitere Symptome bei schwerer Nitrobenzolvergiftung werden angeführt schwere Depression, perverse Empfindungen, taumelnder Gang, Krämpfe und Zuckungen, Delirien, Sehstörung, Geruch des Atems und des Erbrochenen nach bitteren Mandeln.

Nachdem das Nitrobenzol der Stammvater der modernen Anilinindustrie ist und bereits bei gewöhnlicher Temperatur in den dampfförmigen Zustand übergeht, bietet sich in der Industrie Gelegenheit genug, diese gefährlichen Dämpfe einzuatmen.

Die Dinitrobenzolvergiftung (Metadinitrobenzol $C_6 H_4 [NO_2]_2$) verläuft unter anologen, noch heftigeren[1]) Erscheinungen als die Nitrobenzoltoxikose; bei den Arbeitern in den Roburitfabriken wurde auch eine Art chronischer Dinitrobenzolvergiftung, einhergehend mit Sehstörungen (Nieden[2]), beschrieben. Schroeder (V. f. ger. M. 1891) schildert eine bei den Roburitarbeitern vorkommende Erkrankungsform, welche mit Icterus, Lebervergrößerung, Diarrhoe, Cyanose (Blauwerden) und Hinfälligkeit einhergeht (vergl. auch Mittlgn. aus d. kais. Ges.-Amte 1892, S. 327).

Die Pikrinsäure (Trinitrophenol $C_6 H_2 [NO_2]_3 OH$) ruft, abgesehen von den der Gruppe gemeinsamen Vergiftungserscheinungen (Schwindel, Kopfschmerzen, Erbrechen, Blutüberfüllung), eine eigentümliche Art Gelbsucht (Icterus) hervor, welche aber nicht durch Gallenfarbstoff wie der gewöhnliche Icterus, sondern durch das Trinitrophenol selbst erzeugt wird.

Goldschmid (in Weyl) und Halla (ein Fall von Pikrinsäurevergiftung, Prager med. Wochenschr. 1882, Nr. 50) führen außerdem als Vergiftungssymptome bitteren Geschmack im Munde, Appetitlosigkeit und Magendarmkatarrh an.

3. Amidoverbindungen der Benzolreihe.

Diese Verbindungen sind die Reduktionsprodukte der Nitroverbindungen (Anilinindustrie). Da Anilin (Amidobenzol $C_6 H_5 NH_2$) gewöhnlich mit Toluidin ($C_6 H_4 CH_3 NH_2$ methyliertes Amidobenzol) verunreinigt ist, so lassen sich diese beiden Vergiftungen, welche der Nitrobenzolvergiftung auffallend ähnlich und wie zwei genauer beschriebene Fälle[3]) zeigen, untereinander fast völlig gleich sind, unter Einem besprechen. Bei diesen Vergiftungen, welche vorzugsweise durch Einatmung von Anilindampf hervorgerufen werden, tritt frühzeitig tiefe Bewußtlosigkeit, tiefblaue Verfärbung der Lippen, der Nase und der Ohren ein, Atmung und Pulsfrequenz ist heftig ge-

[1]) M. Röhl, Über akute und chron. Intox. mit den Nitrokörp. der Benzol-Reihe. (Dissert. Hagen in Westfalen 1890.) Eulenburgs Real-Enzyklop., 22. Bd., S. 82.

[2]) Nieden, Zentralbl. f. Augenheilkunde. 1888.

[3]) Fall von Anilinvergiftung bei Nothnagel (beschrieben bei Jaksch, Vergiftungen) und Fall von Toluidinvergiftung, Stark, Therap. Monatshefte, 1892, Heft 7 (aus Villaret in Albrecht).

steigert. Dieser bedrohliche Zustand währt mehrere Stunden. Die Benommenheit und Schwäche sowie große Schmerzhaftigkeit beim Harnlassen (Blutharn) dauern längere Zeit (mehrere Tage) an.

Goldschmid (in Weyl) hebt hervor, daß Anilin, abgesehen von seinem Einflusse auf das zentrale Nervensystem, auch ein Blutgift sei. Das Blut färbt sich nämlich durch Anilin (unter Methämoglobinbildung) chocoladebraun. Engelhardt gibt an, daß Anilin im Körper in Anilinschwarz übergeführt werde, welches sich in den Blutkörperchen abgelagert und dort sowie auch im Harne nachweisbar ist.

Es wurden auch chronische Krankheitszustände der Anilinarbeiter der Anilinvergiftung zugeschrieben, so Anämie (Blutarmut), Ausschläge, Sehstörungen etc. Jaksch jedoch glaubt, daß bei diesen Zuständen Arsen mit im Spiele ist.

An dieser Stelle sei auch des Paranitranilins Erwähnung getan, über dessen außerordentliche Giftigkeit man in Höchst herbe Erfahrungen gemacht hat; allerdings handelt es sich hier sichtlich um eine Staubinhalationswirkung und ist die Bemerkung an dieser Stelle nur dadurch gerechtfertigt, weil sich die Verbindung vom chemischen und toxikologischen Standpunkte hier leicht einreihen läßt. Die exquisite Giftigkeit des Stoffes ist seiner chemischen Konstitution nach gleichsam von vorneherein zu erwarten, da das Paranitranilin den Nitrorest, den Amidorest und den Benzolkern in sich vereint und ein jeder dieser Faktoren für sich allein in einer Verbindung vorhanden, derselben den Stempel der Giftigkeit aufdrückt. Die Akten sind über das Paranitranilin nicht geschlossen. Wir müssen Grandhomes maßgebende Publikation, deren Neuauflage, wie ich in Höchst erfuhr, unmittelbar in Aussicht steht, abwarten.[1])

III. Hauptgruppe: Die Kampfer, Terpene, ätherische Öle und Harze.

Diese Stoffe stellen im allgemeinen Gemenge verschiedener chemischer Verbindungen dar. Gewisse gemeinsame toxikologische Merkmale und zugleich die Unmöglichkeit, diese Stoffe wegen ihrer Mannigfaltigkeit im einzelnen zu besprechen, berechtigen dazu, sie in eine Gruppe zusammenzufassen.

---

[1]) Literatur über Anilinvergiftung:

Sonnenkalb, Anilin und Anilinfarben, 1864.

Engelhardt, Beiträge zur Anilintoxikologie. Dissertation, Dorpat 1888.

Wertheimer, Annal. de physiol. 1890, Bd. 22, S. 193.

Herczel, W. med. Wochenschr. 1887, Nr. 13.

Grandhome, Die Fabriken Meister, Lucius und Brüning.

Diesen Körpern ist die Reizwirkung auf Schleimhäute (Katarrhe, Bronchitis) und auf die Haut (Blutungen, Rötung, Entzündung, Nesselausschlag, eventuell auch Schwellungen), ferner auf Magen und Darm gemeinsam. Sie wirken intensiv auf die Niere (Nierenreizung und Entzündung) und auch auf das Gehirn (Delirien und Benommenheit) und das Herz (Herzschwäche und -Lähmung).

Als Repräsentanten dieser Gruppe seien der Kampfer und das Terpentinöl genannt. Über letzteres hat Lehmann umfassende experimentelle Studien angestellt (Arch. f. Hyg. 34, 334). Die Einatmung großer Terpentindosen erzeugt heftige Krämpfe und Schwindel; Hirt veröffentlichte (Gas-Inh.-Kr. 1882, 78) Studien über am Menschen vorgenommene Versuche mit Terpentindampf und sah bei der Terpentinvergiftung außer den als Gruppencharakteristik einleitend angeführten Symptomen Kopfschmerz, Ohrensausen, Beklemmung auftreten; er erklärt jedoch übereinstimmend mit Chevaliers und Schulers Erfahrungen an alten Terpentinarbeitern, daß Terpentindampf mitunter auf die Dauer vertragen wird. Schuler hingegen beobachtete (D. Viertelj. f. öff. Ges.-Pfl. 1872, IV, 90) in Baumwolldruckereien, welche mit in Terpentin gelösten Farben arbeiten, eine auffallende Abmagerung der Arbeiter, welche an Appetitlosigkeit, Durst, schnellem Puls, Kraftlosigkeit, Kopfschmerzen u. ä. litten.

Bezüglich der Einwirkung der Harzdämpfe auf die Gesundheit der Arbeiter stellt Goldschmid (in Weyl, Seite 873) eine schwer schädigende Einwirkung auf die menschlichen Respirationsorgane fest, welche in Bluthusten übergehen kann; speziell Bernsteinöl soll nach Seidel (V. f. g. Med. 1888, 430) Fieber und Magendarmkatarrh hervorrufen.

IV. Hauptgruppe: Pyridin- und Chinolinbasen.

Die Pyridinkörper, ähnlich den Anilinverbindungen zusammengesetzt, sind in ihrer Wirkung doch wesentlich von diesen verschieden; sie sind im Steinkohlenteer und Tieröle enthalten. Das Pyridin ($C_5 H_5 N$) trägt in seiner Konstitution das Gepräge des Nitrils. Die Pyridinbasen besitzen eigentümlichen durchdringenden Geruch und bitteren Geschmack, sind unzersetzt flüchtig und von basischen (d. h. säurebildenden) Eigenschaften; sie bilden Methylsubstitutionsprodukte: Picolin, Lutidin, Kollidin.

Die Chinolinbasen (Chinolin $C_9 H_7 N$) entstehen gleichfalls wie die Pyridinbasen überall, wo stickstoffhaltige, organi-

sche Substanzen, z. B. Alkaloide, destillieren, und zwar geht Pyridin bei 120°, Chinolin bei 200° über. Chinolin wird als Medikament (Fiebermittel) verwendet. Pyridin gewann durch seine gesetzliche Deklaration (d. Reichs-G. vom 1. Okt. 1887; österr. R. G. Bl., Z. 133 ex 1888) als Denaturierungsmittel des Spiritus ein großes gewerblich-hygienisches Interesse, denn es geht in die Atemluft bei all den zahlreichen Industrien und Gewerben über, welche denaturierten Spiritus verwenden. Nach Petzolt ruft Pyridin eingeatmet Schlafsucht und nervöse Störungen (Schwindel, Müdigkeit und Erbrechen) hervor; auch Blut und Herz werden beeinflußt.

Spiritusdenaturation. Dadurch, daß mit der „Denaturation" des steuerfreien Spiritus demselben neben dem hygienisch nicht unbedenklichen Holzgeiste (vergl. oben Seite 125) die schädlichen Pyridinverbindungen einverleibt werden, wurde für die diesen denaturierten Spiritus verwendenden Gewerbe, wie gesagt, eine ganz bedeutende Belästigung, wenn nicht eine tatsächliche Gefährdung der Gesundheit geschaffen.

Die Denaturation besteht im Hinzufügen von $^1/_2$% Pyridinbasen und 2% azetonhaltigem Holzgeistes zum Spiritus.

Einzelne Autoren (Lewy) haben recht bedenkliche Erscheinungen bei den mit denaturiertem Spiritus Beschäftigten beschrieben; neben einer allgemeinen Reizung der Schleimhäute und Kopfschmerz konnte man auch Benommenheit mit Erbrechen und krampfartigen Zuckungen beobachten.

Die Vergiftungserscheinungen beruhen auf einer Mischwirkung des Pyridins und des Holzgeistes; die puren Dämpfe des letzteren können — wie von Goldammer festgestellt wurde — zu schweren Vergiftungen, ja selbst zum Tode führen.

Die Arbeiterschaft sehr zahlreicher Gewerbe leidet unter den Emanationen des tatsächlich nicht glücklich gewählten Denaturationsmittels (Holzbearbeitung, Poliererei, Hutmacherei, Firnis- und Linoleumfabrikation u. v. a.).

Solange das jetzt gesetzmäßige Denaturationsmittel in Gebrauch ist, muß man sich mit Entschiedenheit gegen die Heimarbeit in den denaturierten Alkohol verwendenden Gewerben aussprechen, da sonst Menschen in den mit den bedenklichen Dämpfen gefüllten Räumen gegebenenfalls, abgesehen von der Tagesarbeit, auch noch ihre Nachtruhe verbringen.

An die Werkstätten, in denen sich die Pyridin- und Holzgeistdämpfe entwickeln, müssen jedenfalls besonders hohe Ansprüche bezüglich des Luftraumes und der Ventilationsmaßnahmen gestellt werden.

All das könnte vermieden werden, wenn die jetzige Methode der Spiritusdenaturation durch ein für die Gesundheit unbedenkliches Verfahren ersetzt würde — hoffentlich verwirklichen sich die diesbezüglich gestellten Aussichten bald, denn es geht doch nicht an, aus fiskalischen Rücksichten die Gesundheit von Menschen auch nur im geringsten zu gefährden — oder gar wie hier aufs Spiel zu setzen.

V. Hauptgruppe: Alkaloide (Tabakfabriken).

Von dieser Gruppe kommt gewerblich-hygienisch wohl nur das im Tabak enthaltene Nikotin in Betracht.

Die Atmosphäre der Tabakfabriken wird einerseits durch Tabakstaub, anderseits durch Tabakdunst verunreinigt.

Der Tabakdunst[1]) wird durch den Nikotingehalt zu einer bedeutenden Schädlichkeit. Jehle (Arch. für Unfallheilkunde, 1901, ref. Zeitsch. f. Gew.-Hyg. 1901, Nr. 13, Seite 236) hat das diesbezügliche literarische Material zusammengefaßt und auch auf Grund eigener statistischer Studien hervorgehoben, daß die Verdauungsstörungen bei der Tabakarbeiterschaft in den Vordergrund treten und daß an diese üble Einwirkung des Tabaks keine Gewöhnung einzutreten scheint (in Übereinstimmung mit anderen Autoren).

Die Schädlichkeit besteht nach Jehle in der Abnahme der Magensekretion und Erhöhung der Peristaltik (Darmbewegung) durch den Tabakdunst. Entgegen der Angabe Delannays, daß sich ledige Schwangere in Tabakfabriken sozusagen hineindrängen, weil sie bei dieser Beschäftigung erfahrungsgemäß abortieren, stellt Jehle fest, daß die Tabakfabriksarbeit die Schwangerschaft nicht ungünstig beeinflusse. Es sei erwähnt, daß Popper in seinem Lehrbuche (1882, 41) Nervenleiden (Krämpfe, Schlaflosigkeit, Mattigkeit) auf Tabakdunst zurückführt; in Iglau soll sogar eine Jahresmorbidität von 70% bei den Tabakfabriksarbeitern konstatiert worden sein. Die Angabe, daß die Tabakarbeiter von allen Arbeitern

---

[1]) Neue gewerb.-hyg. Literatur über Tabak:

Brauer, Verbreitg. der Tuberkulose unter den Tabakfabriksarbeitern (Tuberk.-Kongreß).

Walter, Hausarbeit der Tabakindustrie. Zeitschr. d. Zentralstelle für Arbeiterwohlfahrt, S. 69.

Rosenfeld, Untersuchungen über die hyg. Verhältnisse der österr. Tabakfabriksarbeiter (Zentralbl. f. allg. G.-Pfl., S. 99).

Tabakbearbeitung, Eulenbergs Vierteljsch. 1889. Rochs.

Jehle, Gesundheitsverhältnisse d. Tabakarbeiter, Arch. f. Unfallheilkunde, 1901; ref. Zeitschr. f. Gew.-Hyg. Nr. 13, S. 236.

das niedrigste Durchschnittsalter erreichen (Kayser), scheint übertrieben. Von Interesse ist es, daß Schneider in Wien im Urin der Tabakarbeiter tatsächlich Nikotin nachgewiesen hat.

In Würdigung der gewerblich hygienischen Bedeutung des Tabakgiftes hat das d. R. G. Bl. ex 1893, Nr. 27 vom 8. Juli 1893 eine Verordnung über die gegen die gewerbliche Tabakvergiftung zu ergreifenden Maßnahmen gebracht.

Zweiter Abschnitt.

Systematische Darstellung der Maßnahmen, welche zur Verhütung der Luftverunreinigung im Gewerbe dienen
(mit besonderer Rücksicht auf Ventilation).

In folgendem bringen wir eine systematische Darstellung aller jener Maßnahmen, welche geeignet sind, die Luftverunreinigung im Betriebe hintanzuhalten, respektive deren Folgen zu mildern. Ohne vorläufig auf die Details der Einzelindustrien einzugehen, illustrieren wir unsere Erörterung durch Beispiele, um nicht allzu „theoretisch" zu werden.

Nicht sämtliche der hier zu erwähnenden Maßnahmen sind „Ventilationsvorkehrungen" im engeren Sinne des Wortes. Doch stehen die zu erörternden Fragen mit dem Ventilationsprobleme in inniger Beziehung, welches Problem wir hier weitergehend in der Frage ausdrücken: Wie verhütet man die Luftverunreinigung?

Ideal wäre es, wenn uns Mittel an die Hand gegeben wären, die durch Staub und Giftgase erfolgende Luftverunreinigung in der Industrie gänzlich hintanzuhalten. Dieses Ideal ist unerreichbar — nach diesem Ideale strebend, müssen wir es meist dabei bewenden lassen, diese Luftverunreinigung nach Möglichkeit einzuschränken.

Aus der nun folgenden Erörterung wird der Leser ersehen, wie der Hygieniker durch Spekulation und technische Hilfsmittel das Übel an der Wurzel, die Luftverunreinigung an der Quelle zu erfassen und zu verhindern sucht. Dies ist das leitende, das wohldurchdachte und allein logische Prinzip, nach welchem hier vorgegangen werden muß, welches bei jeder ventilatorischen, die Verhütung der Luftverunreinigung anstrebenden Maßnahme, Vorrichtung, Maschine, Anlage zur Geltung kommen und den leitenden Gedanken abgeben muß.

Jeder Praktiker, jeder, der viel gute und viel — verpfuschte Anlagen gesehen, weiß, wie wichtig dieser Grundsatz, dieser Lehrsatz ist, gegen den noch immer wieder gesündigt wird. Um mich einfach und klar auszudrücken, will ich einen ebenso originellen als richtigen Ausspruch eines Praktikers zitieren da diese Worte unseren Grundsatz gut illustrieren: „Man führe doch den Staub oder das Giftgas dem Arbeiter nicht an der Nase vorbei, bevor man dieselben entfernt!"

Wir werden eine Stufenleiter von Mitteln zur Verhütung der Luftverunreinigung kennen lernen. Obenan steht das Ideal, die Vermeidung der Verunreinigung, dem Ideal nahe steht die Beschränkung der Verunreinigung auf die Entstehungsquelle, es folgen weniger hoch zu bewertende und unvollkommenere Palliativmittel, mit welchen man den bereits in den Arbeitsraum gedrungenen Feind mit oft durchaus nicht genügend gesichertem Erfolge anzugreifen und seine üble Wirkung abzuschwächen trachtet, ohne daß mehr von einem gänzlichen und vollkommenen Schutze die Rede sein kann.

Man greife nie zu Palliativmitteln, solange noch vollkommenere Vorkehrungen zu Gebote stehen. Man lasse den Feind sich nicht über den ganzen Betrieb verbreitern, denn an der Entstehungsquelle, im noch dichten Zustande — um einen strategischen Vergleich zu wählen — im Engpasse ist er leichter zu bekämpfen und total zu besiegen, als über ein weites Operationsfeld ausgebreitet.

1. Grundsatz:

Nach Möglichkeit muß die Industrie die Anwendung von Fabrikationsmethoden zu vermeiden trachten, welche eine bedeutendere Luftverunreinigung nachgewiesenermaßen mit sich bringen.

Hier kann die Legislative zu Hilfe kommen, indem sie die gefahrbringenden Methoden dort verbietet, wo es gleichwertige ungefährliche gibt.

Einige Beispiele mögen illustrieren, daß unser erster Grundsatz sich vielfach mit Erfolg durchführen läßt.

Vor allem sind alle Methoden, bei denen die Materialien auf feuchtem Wege bearbeitet werden, natürlich als **staubfrei** hervorzuheben.

Der Staub wird bei feuchter Bearbeitung zum unschädlichen Brei. Wo feucht gearbeitet werden kann, soll diese Methode eingeschlagen werden.

Hierher gehört die feuchte Aufbereitung des Gesteines beim Bergbaue, die der trockenen nach Möglichkeit vorzuziehen

ist; das Feuchthalten der Oxydierkammern in der Bleiweißfabrikation, die Feuchtschleiferei sowohl bei Metallwaren, als insbesondere bei der Glasschleiferei, wo die Befeuchtung leicht möglich ist, weil, wie man sich im Riesengebirge überzeugen kann, das Gros der sogenannten „Schleifmühlen" durch Wasserkraft getrieben wird und daher genug Wasser zur Verfügung steht; ferner ist zu erwähnen: das Ausräumen der Bleiweißkammern auf feuchtem Wege, feuchte Bearbeitungsmethoden der Textilindustrie u. a. m.

Des weiteren ist z. B. das Schneiden dem Sägen vorzuziehen, da ersteres die Staubentstehung vermeidet.

Bezüglich der **giftigen** und **schädlichen Gase** ist leider die Durchführung der sozusagen „idealen" Forderung, die Luftverunreinigung zu vermeiden, meist aus technischen Rücksichten unmöglich, weil vielfach die keine Gase erzeugenden oder die Gasentwicklung vermeidenden Methoden, wenn solche überhaupt bestehen, technische Nachteile haben oder nur in bestimmten Fällen technisch zweckmäßig erscheinen; so kann z. B. die nasse Verhüttung der Kupfererze (Zementation mit Eisen), bei welcher das schweflige Säure entwickelnde Röstverfahren vermieden wird, mehr weniger nur für bestimmte (arme) Erze angewendet werden; auch der nasse Weg bei der Kalomelerzeugung (ohne Sublimation) und der Herstellung der verwandten Präparate ist nicht immer anwendbar, ähnlich läßt sich anderseits das Amalgamierungsverfahren zur Gewinnung der Edelmetalle nicht aus der Welt schaffen. Doch gibt es andere Bearbeitungsmethoden genug, bei denen die Entwicklung schädlicher Gase sich vermeiden ließe und auch vermieden werden sollte. Das „Arsenverfahren" der Fuchsindarstellung könnte gänzlich in die Rüstkammer des „Veralteten" wandern. Ein ähnliches Schicksal verdient das Ätzen des Glases mittels Flußsäure, wir haben ja die Sandstrahlgebläse, welche vollkommen exakt arbeiten und bei denen sich bei richtiger Konstruktion die Staubbelästigung vermeiden läßt (vergl. Seite 143); außerordentlich wichtig wäre ferner das Vermeiden von arsenhaltigem Materiale (Säuren und Metallen) bei allen Verfahren, bei denen Gelegenheit zur Arsenwasserstoffentwicklung gegeben ist. (Erzeugung von Wasserstoff zur Ballonfüllung, in den Akkumulatorfabriken, bei Montierung der Bleikammern, Beizen von Metallen etc.) Wünschenswert wäre die Einschränkung des Bleiglasierungsverfahrens sowie möglichste Meidung der Feuervergoldung; ferner sollten die Schwefligsäureanhydrid verwendenden Konservierungsmethoden („Schwefeln") durch andere ersetzt werden.

Völlig auszumerzen wären ferner die primitiven, unökonomischen und höchst unhygienischen Haufen und Stadeln der Metallurgie und der sizilianischen Schwefelgewinnung (Meiler und Kalkaroneverfahren); in diesen Gebieten gibt es bessere Methoden genug.

Überall, wo eine faule Gärung vermieden werden kann (Lederindustrie, „Rotte" in der Textilindustrie etc.), ist sie durch andere Verfahren zu ersetzen.

Ferner wird das Faulen von organische Substanz enthaltenden Abwässern und damit die Entwicklung von Fäulnisgasen (Schwefelwasserstoff in der Zuckerindustrie) durch die verschiedenen Klärverfahren von vorneherein vermieden.

Die Saturation mit SO_2 ist vom hygienischen Standpunkte zu verwerfen; wo nicht mit Kohlendioxyd gearbeitet werden kann, wäre die Konzessionierung zu verweigern.

Mit Freuden begrüßen wir ferner die in Aussicht gestellte Reform der Spiritusdenaturation, die möglichste Einschränkung der Phosphorzündhölzchenindustrie sowie die Einbürgerung der meist mit wenig hygienischen Gefahren verbundenen „elektrischen" Verfahren (Metallurgie, Chlorindustrie etc.).

Wie viel exakter sich die hygienischen Maßnahmen in einer „elektrischen" Chlorfabrik durchführen lassen, zeigt Griessheim-Elektron. In der Werkstätte, welche gegen 6000 *kg* Chlor pro Tag liefert, war bei meinem Besuche nicht der geringste Chlorgeruch verspürbar; ein Nichtunterrichteter hätte wohl kaum vermutet, daß er sich in einem Lokale befinde, in welchem derartige Massen des schon in den geringsten Spuren belästigenden und in sehr geringen Konzentrationen so gefährlichen Giftgases erzeugt werden.

2. Grundsatz:

Unvermeidliche Luftverunreinigungsquellen sind abzuschließen; die Luftverunreinigung ist an der Entstehungsquelle abzuführen (mittels Exhaustion).

In sehr zahlreichen Industrien kann Staub- und Giftgasentwicklung nicht unterbleiben, und zwar dann, wenn der Staub oder das Giftgas das Material, das Produkt, das Zwischenprodukt, das Hilfsmittel der Fabrikation oder den unvermeidlichen Fabrikationsabfall darstellt. Nur durch strenge und absolute Wahrung des obigen Prinzipes kann auch dann eine an sich bedenkliche oder gefährliche Fabrikation gänzlich ungefährlich gestaltet werden.

Das Prinzip muß auf Staub und Giftgase, und zwar je nachdem, ob es sich um Produkt, Material, Zwischenprodukt etc. handelt, in verschiedener geeigneter Weise Anwendung finden.[1])

A. Der Staubschutz.

1. Vermeidung der Staubverbreitung, wo die Staubbildung Zweck des Betriebes ist.

Hier handelt es sich also um staubförmiges Material und Produkt: das Material, nicht der Abfall, ist Staub; es gilt hier infolgedessen auch das Material zu schonen und nicht zu vergeuden. Als Bearbeitungsmethoden kommen hier in Betracht: *a)* die Zerkleinerung, *b)* das Sieben, Mischen und Bestreuen, *c)* der Transport und *d)* das Verpacken des pulverförmigen Materiales.

a) Zerkleinerung des Materiales. Die Mühlen verschiedener Konstruktion haben den Zweck, Material auf Pulverform zu zerkleinern, so die Getreidemahlmühle, die Thomasschlackenindustrie, Zementfabrikation u. a. Hier kommt es darauf an, die Quelle des Staubes, d. h. die staubbildende Maschine gänzlich abzuschließen, so daß der gebildete Staub, das Pulver im Momente der Entstehung überhaupt nicht mit dem Arbeiter in Berührung kommt. Dies kann natürlich nur dann erzielt werden, wenn alle diese Verrichtungen mechanisch durch in Mäntel und Umkleidungen eingeschlossene Maschinen geschehen, wo also der Arbeiter in die Funktion der Maschine während ihres Ganges möglichst wenig oder gar nicht einzugreifen hat. Bei komplizierten Vorgängen ist dies wohl oft schwer zu erzielen; wir können nicht alle Möglichkeiten ähnlicher Art hier erschöpfend behandeln.

Es ist Aufgabe der Technik, dieses Prinzip, Abschließung der Staubquelle, in die Praxis zu übertragen. Zur Erläuterung derartiger abgeschlossener Systeme mögen Beispiele dienen.

Wenn ein so derbes Material, wie es bei der Thomasschlackenindustrie zur Verarbeitung gelangt, allmählich von seiner felsenfesten Konsistenz auf Staub übergeführt werden soll, so reihen sich an den Vorgang des Zerbrechens des Materiales das Sieben desselben, dann das Auslesen der Eisenbestandteile und endlich das Mahlen mittels Kollergängen, und

---

[1]) Ich gebe hier die Zusammenstellungen wieder, die ich seinerzeit in der „Zeitschrift für Gewerbehygiene" 1900 und 1902 veröffentlichte, und welche den Versuch einer Systematik in dieser Beziehung darstellen.

dann erfolgt nochmaliges Sieben und Mahlen; es ist nun freilich eine nicht geringe Kunst, all diesen komplizierten Vorgang ohne Eingriff der Menschenhand zu bewerkstelligen; aber es geht. Vom Steinbrecher, der die erste Zerkleinerung vornimmt, reicht ein Becherwerk die zerkleinerte Schlacke weiter zum Sieb, durch das das Korn auf den Lesetisch fällt, wo ein Elektromagnet es vom Eisen befreit, ehe das noch körnige Material wieder automatisch in die Mahlgänge fällt, wo es auf Pulverform zermahlen wird.

All diese Vorgänge gehen in einem völlig abgeschlossenen Systeme vor sich. Dies ist bereits ein technisches Kunststückchen, doch es ist, wie gesagt, durchführbar.

In ganz ähnlicher Weise kann die Gefahr der Bleivergiftung in Bleiweißfabriken auf ein Minimum reduziert werden, wenn dort, wo das Material im trockenen und feinstaubförmigen Zustande zur Weiterbeförderung und Weiterverarbeitung gelangt, mechanische Hilfsmittel unter völligem Abschluß und Anwendung von Abzug in Verwendung kommen.

Derartige tadellose Vorkehrungen sah ich in der neu eingerichteten Bleiweißfabrik (Dr. Müller) in Düsseldorf. Mit dem trockenen Bleiweißstaube hat der Arbeiter nur an einer einzigen Stelle während des ganzen Ganges der Fabrikation zu hantieren; zu dieser demnach eigentlich einzig wirklich gefährlichen Arbeit braucht nur ein Mann oder zwei Personen herangezogen zu werden, welche dann entsprechend geschützt sind. Von da ab bekommt der Arbeiter das gefährliche staubende Materiale gar nicht mehr zu sehen — denn der ganze automatische Apparat schließt mit einer vollkommen staubfreien, mechanischen Verpackung des Produktes, so daß der Arbeiter das Bleiweiß erst im festgepackten Zustande wieder in die Hände bekommt.

Von der staubfreien Packung sei noch die Rede.

Die mit Mahl- und Kollergängen versehene Mühle eignet sich nicht oder wenig zur Ermöglichung eines derartigen Staubabschlusses.

Ein wahres Ideal in dieser Beziehung stellt uns dagegen die sogenannte Kugelmühle dar, von der daher hier Erwähnung getan sein soll, zumal da sie in vielen Betrieben mit staubförmigem Produkte, so bei der Thomasschlackenindustrie, bei Erz- und Hüttenprodukten, Zement und Kohle in Anwendung kommen kann. Das Prinzip der Kugelmühle besteht darin, daß das zu zerkleinernde Material in eine Trommel gebracht wird, in der sich zahlreiche, je nach dem Materiale (oft mehrere Zentner) schwere Gußstahlkugeln befinden. Die Trommel nun dreht sich meist auf horizontaler, seltener vertikaler Achse (entweder

durchgängig oder mit stützendem Zapfen). Die Kugeln geraten in Bewegung, zerreiben und zermalmen das zwischen ihnen befindliche Material (vergl. Fig. 31 auf Seite 100).

Diese Skizze dieser Einrichtung möge hier genügen; es sei nochmals hervorgehoben, daß die Kugelmühle ein Ideal einer staubfreien Zerkleinerungsmaschine bildet, denn in ihr ist der staubentwickelnde Herd vollkommen abgeschlossen — die Staubquelle ist unschädlich gemacht, wenn das Beschicken und Entleeren der Mühle richtig gehandhabt wird — doch dieser Gedanke leitet uns bereits zur Besprechung der weiteren Punkte dieses Abschnittes.

b) Das Sieben, Mischen (und Bestreuen). Auch dieser Vorgang soll auf mechanischem Wege, abgeschlossen vom Arbeitsraume, vor sich gehen. Ein derartiger Mechanismus läßt sich direkt an den der Kugelmühle anschließen und man kann diese Anforderung gewiß an die Betriebe bei der jetzigen Entwicklung der Industrie stellen. Wir müssen uns natürlich hier auf die Aufstellung dieses technisch-hygienischen Grundpostulates beschränken, nachdem es Sache des durchführenden Technikers sein wird, dieser Forderung der Hygiene Genüge zu leisten.

Eine orientierende Bemerkung noch über das Bestreuen mit pulverförmigen Materialien, das oft eine große hygienische Kalamität bildet. Auch hier läßt sich unser „Abschließungs"-prinzip verwenden. Der Arbeiter hantiert unter einem Glaskasten, dessen eine Wand aus Leinwand besteht und mit zwei Armlöcher mit anliegenden Gummiringen versehen ist. Der Arbeiter ist vollständig von der schädlichen Staubquelle abgeschlossen und kann doch frei hantieren und sehen.

c) Der Transport des staubförmigen Materiales im halbfertigen oder bearbeiteten Zustande, also von einem Fabriksraume zum anderen, oder schließlich in den Verpackungsraum hat in geschlossenen Systemen zu geschehen. Also vermittels mechanischer Vorrichtungen (Becherwerke, Schneckenwerke, wie schon oben erwähnt), die dicht ummantelt sind; es ist meist relativ leicht möglich, dieser Anforderung zu genügen.

d) Das Verpacken des staubförmigen Materiales. Hier stößt die Technik oft wohl auf große Schwierigkeiten, wenn sie faktisch auch die hierzu nötigen Vorrichtungen abschließen, vollkommen dicht ummantelt und mechanisch funktionieren lassen soll. Aber auch dies ist denkbar und mehr oder minder vollkommen durchführbar. Das zu füllende Gefäß wird an den Einfülltrichter angeschraubt und kommuniziert mit ihm mittels Drosselklappe. Noch zweckmäßiger ist es, zwischen das zu füllende Gefäß und den Einfülltrichter, der oft große Mengen

Material enthält, einen Zylinder einzuschalten, der wieder gegen das zu füllende Faß und gegen den Einfülltrichter sperrbar ist und dieselbe Materialmenge faßt, wie das zu füllende Faß. Zunächst wird nun der Zylinder gefüllt, dann gegen den Einfülltrichter gesperrt; dann entleert man erst seinen Inhalt in das angeschraubte Gefäß. Dadurch fließt der Inhalt langsam in das Gefäß ab und es ist der Druck der gesamten im Trichter befindlichen Materialmenge auf das zu füllende Gefäß vermieden. Sollen Säcke gefüllt werden, so werden diese in gleicher Weise hermetisch dicht anschließend angebunden.

Eine weitere spezielle Art der staubfreien Packung, welche ich in beiden Bleiweißfabriken in Düsseldorf, ferner auch in Klagenfurt eingeführt sah und welche wohl bald allgemein Eingang finden dürfte, besprechen wir bei der speziellen Erörterung der Bleifarbenindustrie.

2. Vermeidung der Staubverbreitung, wenn die Stauberzeugung Fabrikationsmittel ist.

Ein klassisches Beispiel für diese Kategorie bietet das Sandstrahlgebläse (zum Mattieren des Glases, in der Gußeisenputzerei etc.).

Die Arbeit mit dem Sandstrahl ist schädlich und gefährlich; es können kleine Verletzungen aller Art, ferner schwere Augenverletzungen und endlich schwere Erkrankungen der Atemorgane durch Einatmung des feinen im Sande enthaltenen Quarzstaubes, der je nach der Fabrikation mit Glasstaub oder Gußeisenputzereistaub etc. untermischt ist, zustande kommen.

In der Nähe des arbeitenden Gebläses zu verharren ist rein undenkbar; der Arbeiter muß sich mit einer Haube versehen, die ihn nur unvollkommen schützt.

Folgende außerordentlich einfache und ebenso sinnreich erdachte Einrichtung sah ich in der Eisengießerei Frieß in Frankfurt a. M.[1])

Die zu putzenden Objekte werden auf eine sich drehende, kreisrunde Eisenplatte gelegt. Dieselbe befindet sich zur Hälfte in einem Kasten, in welchem die Sandstrahlgebläse beständig arbeiten. Die schlitzförmige Öffnung des Kastens, in welche die erwähnte Eisenplatte (der Objektträger) eingesetzt ist, ist mit Leinwand verhangen, welche die Öffnung vorhangförmig verdeckt und dadurch, daß sie auf dem Objekttische schleift, vollkommen abschließt.

---

[1]) Die als Tafel hier beigefügten Planskizzen sind nach den mir durch die Liebenswürdigkeit der Firma zugekommenen Originalplänen angefertigt. Für dieses besondere Entgegenkommen sei an dieser Stelle der herzlichste Dank gesagt.

Ein Entweichen des Staubes aus der gedachten Öffnung ist nun dadurch total unmöglich gemacht, daß auf das Kasteninnere ein derart kräftiger Exhaustor während der Arbeit des Gebläses einwirkt, daß die Luft die Tendenz hat in die Öffnung einzuströmen, nicht aber durch dieselbe zu entweichen. Die Objekte bleiben vermöge der langsamen Drehung der Platte längere Zeit (oder durch Anhalten der Drehbewegung beliebige Zeit) der Einwirkung des Gebläses ausgesetzt. Die Arbeit ist bequem und total ungefährlich.

In manchen Industrien fand ich einen Kasten mit Armlöchern (nach Art des oben im Abschnitte 1b „Bestreuen etc." beschriebenen) in Verwendung, in welchem die Sandstrahlgebläse untergebracht waren. Ihm wurde von den Arbeitern der Spitzname „Laterna magica" zuteil und meist wurde er wenig benutzt, offenbar weil er die Arbeit behindert.

Die beschriebene Vorrichtung dürfte allgemein bei Sandstrahlgebläsen eingeführt und von den Aufsichtsorganen mit Recht gefordert werden.

Wir sehen denn, daß bei der Zerkleinerung, Bearbeitung, Weiterführung und Packung des pulverförmigen Materiales bei einer Industrie, wo also die Staubentwicklung sozusagen Selbstzweck ist, oder auch dort, wo das staubende Material als Fabrikationsmittel verwendet wird, sich im allgemeinen das Postulat aufstellen läßt, geschlossenes, mechanisch funktionierendes System. Um jedoch hier nicht das Gute des Besseren Feind werden zu lassen, so muß man dort, wo sich dieses Ideal nicht erreichen läßt, verlangen, der Staub möchte an der Entstehungsquelle beseitigt werden — diese Schutzmaßregel, welche wir bei Erörterung unserer Beispiele schon wiederholt berührten, gehört allerdings prinzipiell in die nächste Kategorie und wird nun auch eingehender ihre Behandlung finden.

3. Unschädlichmachung des Staubes in Betrieben, wo derselbe unvermeidlicher Abfall ist.

Unvermeidlich wird die Staubentwicklung oft wegen der Art des Betriebes; der Staub ist unvermeidlicher Abfall des Betriebes und man muß also dafür sorgen, daß er unschädlich gemacht werde.

Hierher gehören: *a)* Die Betriebe, bei denen staubliefernde Ware sortiert und gereinigt werden muß, ferner *b)* Betriebe, bei denen Material geschliffen wird, *c)* die Textilindustrie und verwandte Industrien, *d)* die Holzbearbeitung, Papierfabrikation und verwandte Betriebe.

Im allgemeinen muß hier der Natur der Sache nach die Staubquelle zugänglich, es muß die stauberzeugende Maschine für den Arbeiter offen stehen an der Stelle, wo der Staub erzeugt wird; wo die Ware sortiert und gereinigt wird, muß die staubige Ware hingebracht, die gereinigte weggeschafft werden. Der Schleifer, der Arbeiter in der Holzindustrie, muß das Material dem bearbeitenden Instrument zuführen, die Arbeit selbst leiten, nicht anders der Textilarbeiter; er befindet sich also jeden Moment unmittelbar bei der Staubentwicklungsquelle, er respiriert dort und darin eben besteht die Gefahr — hier kann man die Staubquelle nicht versperren, man kann sie mit keinem schützenden Mantel umgeben, wie bei der Mühle — man muß also den Staub beseitigen, so beseitigen, daß er vom Arbeiter nicht eingeatmet werden kann und dies gelingt der Technik durch die Umkehrung des Luftstromes, so daß derselbe nicht wie bei den meisten Maschinen, die sich im Gange befinden, gegen den Arbeiter gerichtet ist, sondern weg vom Arbeiter führt.

Diese Bewegung der Luft vom Arbeiter weg bringt nun der Exhaustor, der Staubabsauger zuwege und es ist Hauptpostulat für diese Kategorie der Betriebe, daß der Staub am Entstehungsorte abgesaugt werde.

Der Luftstrom muß natürlich an der betreffenden Stelle kräftig genug sein, um den Staub mit sich fortzureißen. Es muß also eine kräftige, künstliche Ventilation eingeführt werden, ferner darf der Staub nicht durch die Absaugung aufgewirbelt, in die Höhe gerissen werden, sondern im allgemeinen hat die Staubabsaugung von unten aus zu geschehen.

Über die Frage, welche Art der Gebläse zu Exhaustorzwecken zu verwenden sind, orientieren unsere Ausführungen auf Seite 72 ff.

Wir wollen in folgendem noch über die wichtigsten Betriebsarten im einzelnen einige Worte verlieren.

a) Sortieren und Reinigen. Es sind vor allem die Sortiertische, an denen das so gefährliche Lumpenmaterial für die Papierfabrikation etc. sortiert wird, über die der Arbeiter gebeugt, den verderbenbringenden Staub einatmet, der dann auch den ganzen Sortiersaal erfüllt und schließlich auch den ganzen Körper der Arbeiter bedeckt, die dann der „Hadernkrankheit" verfallen sind. Vor allem trifft dieses Schicksal die kleinen Betriebe und es sollte nicht gestattet sein, daß ein solch gefährliches Beginnen im Kleinbetriebe vor sich geht, wo es an Überwachung und auch an Schutzvorrichtungen mangelt, weil sich wegen der Einführung der Exhaustoren der

ganze Betrieb nicht mehr rentieren würde. Das erste hygienische Postulat ist also: Zentralisierung solch gefährlicher Kleinbetriebe, Einrichtung von Sortieranstalten mit genügendem Exhaustorensystem und genügender Überwachung. Daß sich auch hier das Prinzip: „Staubabsaugung an der Entstehungsquelle" durchführen läßt, zeigt folgende Einrichtung des Sortiertisches: derselbe besteht nicht aus einer massiven Platte, sondern aus einem je nach Bedürfnis feinem Netze; unter demselben befindet sich angepaßt der Trichter des Exhaustors, so daß der Luftstrom durch das Netz die Staubpartikelchen mit sich reißt.

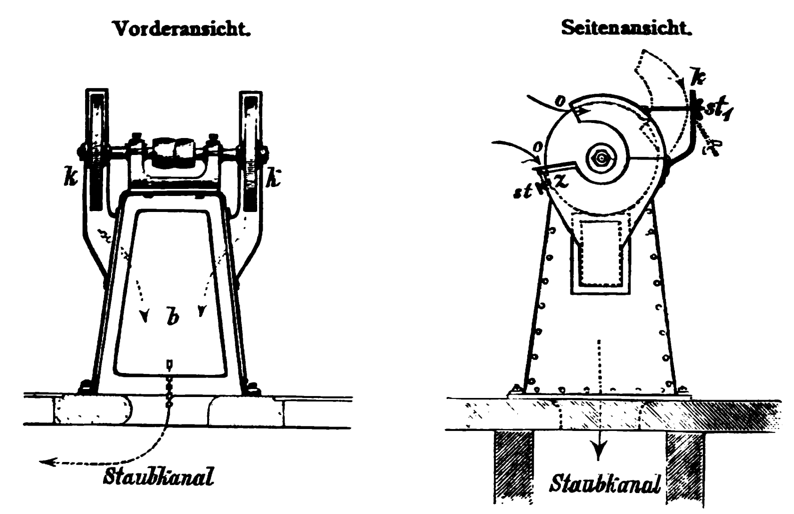


Fig. 33.
Entstaubung einer Schmirgelmaschine (nach Recknagel, München).

Das Grundprinzip der Staubabsaugung läßt sich mitunter auch bei den Reinigungsmaschinen durchführen; bei den Reißmaschinen, den Wölfen und Schlagmaschinen etc., von denen bei der ausführlichen Besprechung der Textilindustrie (am Schlusse) noch die Rede sein wird, stößt dies oft auf Schwierigkeiten. Es handelt sich auch bei diesen komplizierten Maschinen darum, daß auf die Stelle der Staubentwicklung der Exhaustor genügend einwirke. Dies gelingt nun dadurch, daß womöglich der ganze Raum, innerhalb dessen Staubentwicklung stattfindet, ummantelt wird, und daß auf diesen ummantelten Raum der Exhaustor kräftig einwirkt. Der Arbeiter hat nur dort zur staubentwickelnden Maschine während der Arbeit Zutritt, wo er Material aufgibt und abnimmt, also wo kein Staub

entsteht, und ferner, wenn die Maschine steht, wenn also kein Staub mehr entwickelt wird, setzt er den Exhaustor außer Tätigkeit und öffnet nach Belieben den zu diesem Zwecke abnehmbaren Mantel und hat nun zu allen Maschinenteilen Zutritt. Dieser vollkommene Schutz ist leider vielfach wegen der Arbeitsbehinderung nicht oder nicht vollkommen durchführbar.

Die Durchführung dieses Prinzipes muß dem den einzelnen Fall erwägenden Techniker überlassen werden. Wir wollen hier nur ein Beispiel anführen. Wenn der „Wolf" von der Stelle ab, wo er das Material ergreift, mit einem Mantel umschlossen ist, welcher zurückklappbar ist, und wenn der Mantelraum mit einem Exhaustor versehen ist, dann droht dem an ihm arbeitenden Manne keine Staubgefahr; auch noch kompliziertere Systeme können mit beweglichen Hülsen versehen werden, hier wird, sowie auch bei den noch zu erwähnenden Vorrichtungen, der Vorteil erreicht, daß der Arbeiter vor dem Unfalle bewahrt wird, daß ihn oder einen Vorübergehenden ein weggeschleuderter Teil der Maschine oder des Materiales verletzen könnte.

b) Staubschutz bei Schleifbetrieben. Bei der Schleifvorrichtung soll die ganze Schleifscheibe bis auf die Schleifstelle mit einem Mantel umgeben und der Mantelraum mit einem kräftigen Exhaustor verbunden sein. Auch hierdurch dient man zwei Herren auf einmal. Der Betrieb wird nicht nur dadurch ungefährlich, daß kein Staub entsteht, sondern auch dadurch, daß es nicht zum Betriebsunfalle kommen kann, der leider so häufig durch Brechen, Platzen und Zerspringen der Schleifvorrichtung oder des zu schleifenden Materiales geschieht, wobei größere Stücke wuchtig fortgeschleudert werden. Bei Schleifscheiben speziell kann man die Staubverbreitung vermeiden, indem die Scheibe durch eine ihr anpassende Hülse umschlossen wird oder (besonders wo mehrere Scheiben nebeneinander laufen) sie von einem gemeinsamen Schutzkasten umgeben werden, der nur einen Ausschnitt für die Schleifstelle trägt. Jene Hülse, respektive der Schutzkasten, müssen natürlich mit einem kräftigen Exhaustor, der unten seinen Angriff nimmt, in Verbindung gesetzt sein (vergl. Fig. 33).

Vollkommen adjustierte und außerordentlich verläßliche Schleifscheiben aus Naxosschmirgel bringt die Naxosunion in Frankfurt a. M. (Dr. Pfungst) in Vertrieb, deren Etablissement, wie ich hier per parentesim einschalten will, auch im übrigen eine Sehenswürdigkeit, bezüglich exakter ventilatorischer Maßnahmen ist (Abfuhr des Schmirgelstaubes durch eine Ventilationsanlage, die 26 Pferdestärken verbraucht), wie ich durch

das freundliche Entgegenkommen des Inhabers persönlich mich zu überzeugen Gelegenheit hatte. Die erwähnte Anlage ist eine der ältesten Fabriksventilations-(Entstaubungs-)Anlagen überhaupt. Die Naxosunion sorgt auch im übrigen in jeder erdenklichen Weise für das Wohlergehen der Angestellten mit geradezu väterlicher Sorgfalt.

Aus dem Emporblühen dieses Betriebes sieht man, daß die präzise Durchführung hygienischer Maßnahmen und die Einführung ausgedehnter Wohlfahrtseinrichtungen nur Segen bringt.

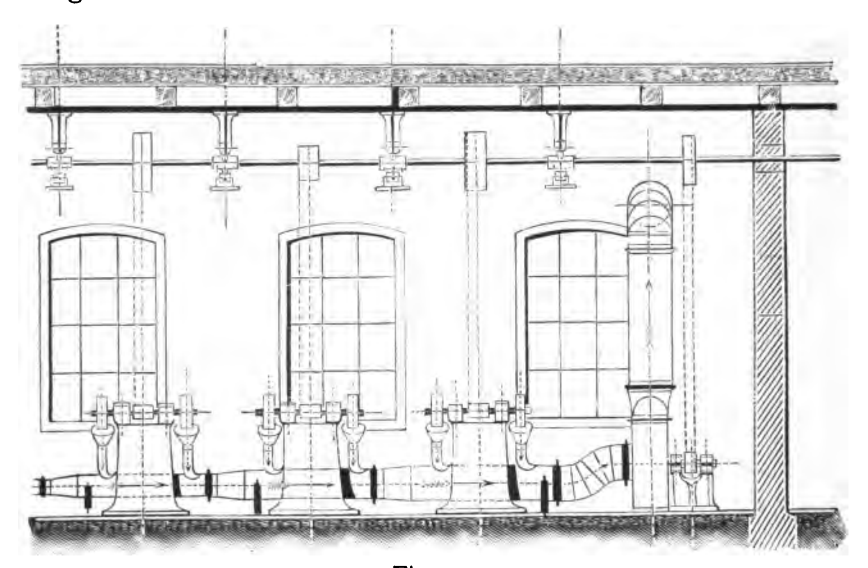


Fig. 34.
Entstaubungsanlage einer Schleiferei (nach Popper, techn. Neuheiten).

Bezüglich der

c) Textilindustrie und

d) der Holzbearbeitung verweisen wir auf die speziellen Kapitel.

Es drängt sich nun noch die Frage auf: Was hat mit dem durch Exhaustion abgeführten, aus der unmittelbaren Umgebung des Arbeiters entfernten Staube zu geschehen, damit derselbe dauernd — auch für die weitere Umgebung und Nachbarschaft der Fabrik — ungefährlich werde.

Aus Rücksicht für die Gesundheit und den Wohlstand der Umgebung darf der Staub, der in einer Betriebsstätte entsteht, nicht ohne weiteres ins Freie befördert werden; vielfach

allerdings, wo der Staub wertvoll ist, wo er verwendbar, selbst Produkt oder verwertbarer Abfall ist, ist es auch ökonomisch, ihn nicht zu verschleudern oder unverwertet ins Freie zu lassen. Dies ist also das wichtigste leitende Prinzip, daß der Staub dort, wo er verwertbar ist, noch verwertet werden soll; es rentieren sich dann ja sogar die Schutzanlagen und erfüllen einen wichtigen doppelten Zweck.

Wenn dann der Staub der Fabrik bloß zur Last ist, wenn er beseitigt werden muß, dann muß er zugleich mit der Beseitigung auch unschädlich gemacht werden. Nur bei ganz isolierter Lage der Fabrik kann ein Entweichenlassen des Staubes in die freie Luft gebilligt oder vielmehr geduldet werden. Es wurden auch Projekte dahin gemacht, den Staub in nahegelegene Gewässer einzuleiten. Doch ist diese Methode gewiß auch nur bei isolierter Lage der Fabrik zulässig. Es wird ferner die Größe des Gewässers in Betracht gezogen werden müssen, sowie die Strömungsgeschwindigkeit, dann die Art des eingeleiteten Staubes; giftige Staubarten und solche organischer Natur dürfen nicht auf solche Weise behandelt werden, da die Zersetzungs- und Lösungsprodukte erst recht eine Verpestung und Schädigung der Umgebung bedeuten würden.

Die häufigste Art der Staubbeseitigung in der Industrie ist die Anfeuchtung des Staubes, welche mittels Duschen oder durch direktes Einleiten der gepreßten Staubluft in Wasser, oder in Regenkammern oder auf ähnliche Art geschieht. Beim Viktoria-Ventilator (siehe früher Seite 72) kann bei Verwendung im Sinne der Aspiration die als Motor verwendete Dusche, respektive der Wasserstrahl auch als Staublöscher fungieren. In allen diesen Fällen wird dann der Staub im „gelöschten" Zustande als Schlamm beseitigt.

Wenn der Staub und die Abfälle brennbar sind, dann ist es am zweckmäßigsten, dieselben in die Feuerung einzuleiten, d. h. mittels einer „Staub- und Spänetransportanlage" in die Feuerung direkte hineinzublasen, und zwar durch eine kräftige Exhaustoranlage, welche dann zugleich den Feuerherd anfacht.

Einiges an Details bringen wir noch bei der näheren Besprechung der Holzindustrie (Spänetransportanlagen).

Hier nur noch eine illustrierende Bemerkung.

Derartige Transportanlagen stellen, wenn sie rationell installiert sind, ein ganzes Sparsystem dar, ganz abgesehen von den vielen Vorteilen für die Gesundheit der Arbeiterschaft.

Wie viel Arbeitskraft wird schon dadurch erspart, daß die Abfuhr der lästigen Hobelspäne wegfällt! Die Ringhoffer-

sche Waggonfabrik in Smichow bei Prag führt pro Stunde so ihren Feuerungen 15 bis 20 m^3 Späne zu. In Anwendung gelangen zwei Exhaustoren mit zirka 20 *e* Verbrauch pro Minute. Natürlich ist auch hier die die Maschine umschließende Hülse in allen ihren Teilen beweglich, so daß der Arbeiter seine Maschine jederzeit inspizieren und kontrollieren kann.

Die Hülse schützt, wie bereits früher erwähnt, natürlich auch den Arbeiter davor, aus Unachtsamkeit oder zufällig der Maschine zu nahe zu kommen und durch sie verletzt zu werden; denn wenn der Arbeiter die Hülse öffnet, so ist er bereits auf die Gefahr aufmerksam gemacht.

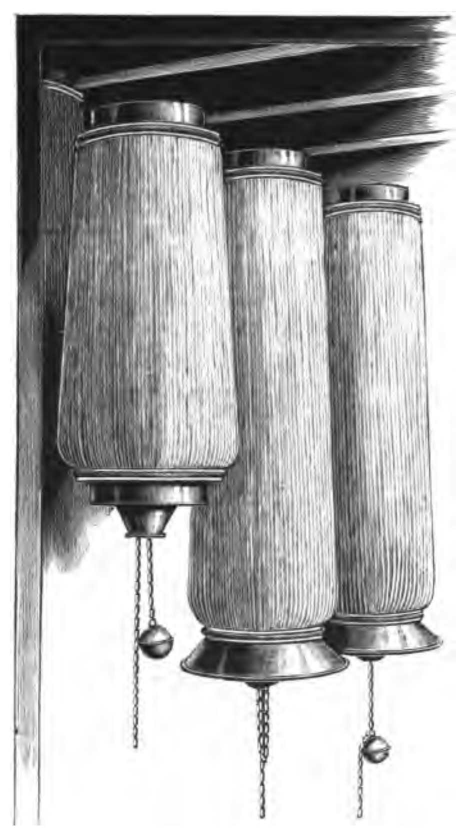


Fig. 35.
Fiechters „maschenlose" Filter.

Nachdem wir bereits auf Seite 86 ff. über Staubreinigung der Luft im allgemeinen gesprochen haben, erübrigt uns, die dort gemachten Angaben durch die nähere Beschreibung einiger speziell für den Industriestaub wichtiger Apparate zu ergänzen.

Wenn das Produkt des Betriebes ein staubförmiges Material ist (Zement, Mehl), dann gilt es, den Staub zu sammeln; wir müssen bedenken, daß z. B. in einer Zementfabrik ohne Staubfilter etc. sogar 4% des Materiales durch Staubbildung verloren gehen können.

Das Einfachste ist wohl, wie wir bereits an der zitierten Stelle ausgeführt, den Staub in Staubkammern sich gleichsam sedimentieren zu lassen; dies gelingt natürlich nur bei spezifisch schweren Staubarten und da nicht immer in befriedigender Weise. Es wurde daher versucht, sogenannte Staubsammler zu konstruieren, von denen hier das System „Cyklone" angeführt sein soll: die verunreinigte Luft tritt in einen konischen

Raum und gerät hierdurch in kreisende Bewegung; während nun der Staub aus der durchlochten, nach unten gewendeten Spitze des Kegels in einen Behälter herabfällt, entweicht die Luft gereinigt im Sinne der Achse des Kegels nach oben zu, da die Öffnung viel zu klein ist, um einer größeren Luftmenge den Durchtritt zu gestatten.

Wie leicht einzusehen, wird auch hier eine nicht unbedeutende Menge ganz feiner Staubpartikelchen aus dem Konus weiter mit fortgerissen werden und es ist also diese Art der Staubbefreiung bei fein verteiltem Staube mit leichten Partikelchen eine unvollkommene.

Am präzisesten arbeiten in dieser Beziehung wohl die Staubfilter, und es ist hier die Reinigung der Luft eine so vollkommene, daß dieselbe von neuem in die Arbeitsräume bei sogenannter Zirkulationsventilation eingeleitet werden kann. Das Prinzip der Staubfilter, die Berechnung des Widerstandes und die Methoden der Reinigung des Filtertuches findet der Leser auf Seite 90 ff. erörtert (dort auch eine Illustration).

Als die wichtigsten Methoden der Filterreinigung seien wiederholt: 1. Gegenluftstrom, oft verbunden mit 2. gleichzeitigem Umstülpen des Filters, 3. Schütteln des Filterstoffes durch abwechselndes Straffziehen und Nachlassen, 4. Klopfen desselben durch mechanische Vorrichtungen (Hämmer, fallende Rahmen).

Bei vielen Staubarten, und zwar insbesondere bei sämtlichen, welche faserige und schmiegsame Elemente enthalten, welche fest haften, bot trotz aller Bemühungen die Filtertuchreinigung immer bedeutendere Schwierigkeiten. Besonders wenn Textilindustriestaub abfiltriert werden soll, vertragen sich die Filterstoffe gar bald; das Filter bietet dann dem Luftstrome einen immer wachsenden, bedeutenden Widerstand und kann nur sehr schwer gereinigt werden. Das fortwährende Auswechseln der Filterstoffe ist zeitraubend und macht die Anlage kostspielig.

Darum verdient die Idee der Verwendung eines maschenlosen Filterstoffes bei industriellen Entstaubungsanlagen besonders hervorgehoben zu werden. Diese Idee stammt von Ingenieur Fiechter (Basel). Fiechter bringt seinen maschenlosen Filterstoff ausschließlich in Schlauchform in Verwendung. Derselbe wird 10—15mal auf eisernen mit Hartholz und Dornen garnierten Ringen gerollt.

Die so hergestellten maschenlosen Fadenfilterschläuche (siehe Fig. 35 und 36) haben einen Durchmesser von 200 bis 800 *mm* und eine Länge von 600—1800 *mm*. Zur Vermeidung

der Anhäufung des Staubes an der unteren Extremität des Schlauches wird ein konischer Blechring mit dem unteren Filterring verbunden, so daß der zur Verwendung kommende Schlauch stets konisch ist.

Der Filterstoff für Staub- und Rauchfangvorrichtungen ist dadurch gekennzeichnet, daß dessen Ketten und Schußfäden entweder nur an den beiden Enden oder stellenweise zwischen den beiden Enden des Stoffes eine Verschlingung, Verwebung oder Verflechtung erfahren.

Der in den Staubkollektoren zur Verwendung kommende Filterstoff ist nur an den beiden Enden verwebt, so daß die un-

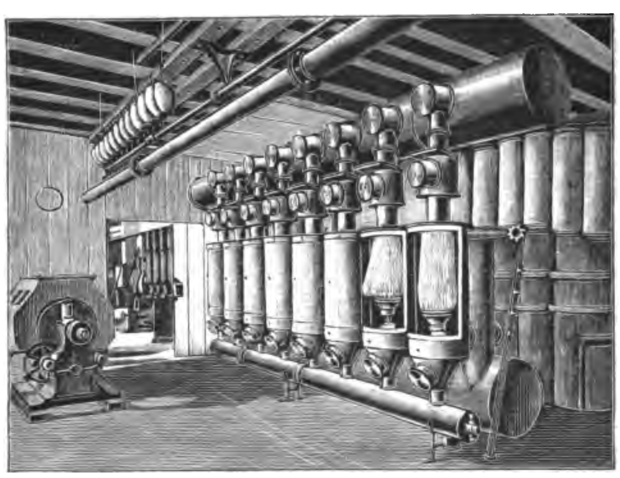


Fig. 36.
Fiechter-Filteranlage bei Lucius, Meister, Brünig in Höchst.

verwebten Fäden zwischen den Borden in der ganzen Breite des Stoffes das Filterfeld bilden.

Die Staubluft wird vermittels der 10—15 Fadenschichten, durch die schweren unteren Ringe stramm gespannt, mehrfach filtriert. Die im Inneren der Schläuche an Kettchen befestigten halbrunden Eisenreifen haben den Zweck, die durch die Staubluft auf der äußeren Fläche erzeugte Pression aufzunehmen und somit ein Aufschlitzen der parallel neben- und hintereinander hängenden, gespannten Fäden zu verhüten.

Die Entleerung der Filter oder das Abschütteln des an den Fadenschichten hängenden feinen Staubes geschieht in den halbautomatischen Staubkollektoren von Hand, in den ganzautomatischen auf mechanischem Wege. In beiden Fällen wird der beschwerte untere Teil des Filters langsam, vermittels

Hebelvorrichtung 150—250 *mm* gehoben und dann plötzlich fallen gelassen, wobei die Fadenschichten auseinander getrieben und plötzlich wieder in ihre normale Stellung zurückgeschnellt werden, so daß der Staub quasi herausgepeitscht und geschleudert wird. Diese Operation beeinträchtigt die Haltbarkeit der Filter in keiner Weise.

Ich konnte mich im Erzeugungs-Etablissement in Basel an einer Probeanordnung — die mir Herr Ingenieur Fiechter selbst in liebenswürdigster Weise demonstrierte — von der Funktion der Filter überzeugen und hatte auch Gelegenheit, dieselben bei Krupp in Essen (Tiegelfabrik) und bei Lucius, Meister und Brünig (Farbenfabrik Höchst, Fig. 36) in Tätigkeit zu sehen.

Nachdem bei der beschriebenen Anordnung des maschenlosen Gewebes eine Verstopfung des Filters oder eine schnelle Verlegung desselben wohl ausgeschlossen ist, empfiehlt sich die Anwendung der beschriebenen Apparate, vor allem auch für diejenigen Staubarten, welche faserige und schmiegsame Elemente enthalten und durch welche — wie oben erwähnt — die gewöhnlichen Filter nur zu schnell verlegt werden.

Damit haben wir uns die Anwendung unseres zweiten Grundsatzes: „Abschließen und Abführen" auf den Industriestaub klar gemacht und gehen zu den analogen Erläuterungen für Giftgase und schädlichen Dünste, Dämpfe etc. über.

B. Der Schutz gegen Giftgase und schädliche Dämpfe.

Die praktische Anwendung des genannten theoretischen Grundprinzipes gestaltet sich hier bei der enormen Mannigfaltigkeit der Methoden (insbesondere in der chemischen Industrie), die hier in Betracht kommen, oft recht schwierig. Noch schwieriger wird jedoch aus demselben Grunde — nämlich der Mannigfaltigkeit wegen — der Versuch, eine theoretische Systematik abzuleiten; und doch muß dieser Versuch gemacht werden, um eine gesunde — wirklich wissenschaftliche — Basis zu schaffen und nicht systemlos sich an einzelne empirische Grundsätze klammernd in dem Wuste von Tatsachen ohne Orientierung herumzutappen.

Nach dieser Erwägung wird mir der Leser die Unvollkommenheiten meines Versuches verzeihen.

Alles Wissenswerte auf diesem Gebiete hier wiederzugeben ist unmöglich. Wir wollen auf dem theoretischen Pfade einer kleinen Systematik an Beispielen vorüberführen und hoffen, daß sich in den Einzelfällen ein hier wiedergegebenes Anologon gleichsam als Testobjekt wiederfinden wird.

Wir teilen die in Betracht kommenden Maßnahmen zu diesem Zwecke in mehrere Gruppen; die Prophylaxe (der Schutz gegen die giftigen und schädlichen Emanationen) muß wesentlich anders gehandhabt werden, je nachdem, ob einerseits ein Produkt, ein Zwischenprodukt oder ein Fabrikationsmittel oder anderseits bloß ein Fabrikationsabfall gasförmig ist oder leicht verdampft.

1. Das Produkt oder Material ist gasförmig flüchtig oder dampfend.

Hier ist das Gas oder der entströmende Dampf wertvoll; der Schaden, der durch das Ausströmen hervorgerufen wird, ist also auch ein materieller. Naturgemäß ergibt sich die weitere Einteilung der hier einschlägigen Betriebsarten in drei Unterklassen, welche von unserem Standpunkte verschieden beleuchtet werden müssen.

a) Das Produkt selbst ist ein Gas.

Das typische Beispiel für diese Klasse von Betrieben ist die Leuchtgasfabrikation; hier gilt es, sowohl vom technischen als vom hygienischen Standpunkte, jeden kleinsten Verlust des wertvollen und leider auch so giftigen Produktes zu meiden. Das System der Gasentwickler, der Reinigungsapparate und der Gasbehälter sowie das ganze Leitungsrohrsystem muß ein in sich hermetisch abgeschlossenes Ganzes bilden. Der ganze Vorgang der Erzeugung samt Reinigung und der Weiterführung muß automatisch (mechanisch) geschehen, um ein Öffnen des Systems zu vermeiden. Analoge Regeln gelten selbstredend auch für die Fabrikation anderer Gase zu Beleuchtungs-, Beheizungs- und ähnlichen Zwecken. Die hierher einschlägigen Industrien gewinnen ihr Produkt meist durch Destillation; diese wollen wir jedoch, als typisch dorthin gehörig, im nächsten Abschnitte, wo von gasförmigen Zwischenprodukten die Rede sein soll, erörtern. An dieser Stelle sei der schutztechnisch bedeutungsvollen Gasverlustmesser gedacht, welche das Ausströmen von Gas automatisch der Zentrale berichten.

b) Das Zwischenprodukt ist gasförmig.

Das heißt, das Produkt wird vorübergehend vergast. Dieses Hilfsmittels bedient sich die chemische Fabrikation überaus häufig sowohl zur Erzeugung als zur Reinigung (Raffination) ihrer Produkte bei der Destillation. Das Rohmaterial wird (in der Retorte) erhitzt, vergast, zur Vorlage geleitet und dort

kondensiert. Dies ist das einfachste Prinzip, aus welchem wir vom gewerbehygienischen Standpunkte als Hauptforderungen zum Schutze gegen die Destillationsgase entnehmen können: möglichst vollkommener Abschluß des Gasentwicklers (Retorte) gegen den Arbeitsraum und möglichst gründliche Kondensation in der Vorlage. So einfach dies gesagt ist, so schwer ist es oft durchgeführt.

Was vorerst den gasentwickelnden Apparat anlangt, so kann und muß dieser natürlich der Produktion entsprechend gewählt sein. So sind denn auch für bestimmte Fabrikationsmethoden bestimmte Gasentwickler in Gebrauch. Die Retorte (bei der Leuchtgas- und Teerdestillation typisch in Gebrauch) ist jetzt meist aus Chamotte (früher aus Eisen), also vollkommen dicht hergestellt, meist mit Gasfeuerung angehitzt. Hier bedroht die Gasentwicklung den Arbeiter nur beim Ausräumen der Rückstände (Koks, „Löschen" des Koks, Pech etc.), daher wurde der Vorschlag gemacht, die zu räumenden Retorten, soferne die natürliche Ventilation nicht genügt, künstlich aussaugen zu lassen (Goldschmid in Weyl), nachdem es beispielsweise beim Öffnen einer Teerdestillationsblase 14 Tage nach dem Destillationsvorgange (!) zu einer schweren Kohlenoxydvergiftung gekommen ist (Greiff, Viertelj. f. ger. Med. 1890) Jehle empfiehlt Dichtung der Tür der Destillationsblase mittels Tonbrei nach Aufgabe der Kohlencharge. Bei der Leuchtgasdestillation erscheint ferner auch das Öffnen und Entleeren der Reiniger besonders gefährlich und sollten die Arbeiter gegen die hier auftretenden Gase durch Masken geschützt werden.

Damit in den Retorten kein Überdruck zustande komme, wodurch Gase leicht entweichen könnten, ist in die Leitung meist hinter den Waschvorrichtungen ein Sauggebläse (Exhaustor) eingeschaltet. Ein weiterer Gaserzeuger, bei welchem sich das Abdichtungsprinzip strenge einhalten läßt, ist die Muffel (typisch für die Zinkdestillation); sie läßt sich aus vollkommen dichtem Chamottematerial herstellen, so daß sie einer besonderen Dichtung durch Glasur meist nicht bedarf; auch die Muffel wird in neuerer Zeit meist durch Siemenssche Gasfeuerung angeheizt. Auch hier ist demnach nur das Ausräumen gefährlich; um die den Arbeiter beim Ausräumen so sehr belästigenden Dämpfe abzuführen, wird das Gewölbe der Vorkapellen mit einem Abzugschlitze versehen, welcher in einen am Ofenfirst hinlaufenden Kanal mündet, der ventiliert ist. Ähnlich steht es mit den Walzenkesseln und den Waggonkesseln der Petroleumindustrie, welche sich gleichfalls, besonders bei unterbrochener Destillation, leicht völlig dicht erhalten

lassen. Schwieriger dagegen wird die Frage der Abdichtung, sobald ein Ofen den Gaserzeuger abgibt (typisch bei der Quecksilberdestillation), insbesondere wenn er kontinuierlich betrieben ist. Der Schachtofen (als Röstofen behufs Vergasung) gestattet als Schutzmittel gegen das Austreten von Gasen beim Chargeaufgeben den Gichtverschluß; so wird in Annatal (Krain) beim Pichlerschen Quecksilbererzröstofen ein doppelter Glockengichtverschluß angewendet; die zweite Glocke, auf welche das Material auffällt, wird erst gehoben, wenn die erste bereits die Gicht verschließt; außerdem wird der Gasdruck im Ofen durch einen Ventilations-, respektive Saugapparat (am Ende des Systemes) herabgesetzt; bei einer solchen Ofeneinrichtung geht außerordentlich wenig Quecksilber in Dampfform verloren.

Der Exeliofen in Idria ist behufs Dichtung „gepanzert" und hat eine Gicht mit Wasserverschluß; der amerikanische Knoxofen hat einen Gichtverschluß mit „Kugelsegment", bei diesen Öfen sowie bei den zur Vergasung von Erzen, die sich nicht anders zugute bringen lassen, in Gebrauch stehenden Flammenröstöfen und Fortschauflungsöfen muß der gute Zug, welcher eventuell künstlich unterstützt werden muß, für das Nichtentweichen der Gase beim Chargegeben bürgen; überdies wird bei den kontinuierlich arbeitenden Öfen dieses Systemes (mit geneigter Sole) oben die Gicht durch das stetig nachgefüllte Erz gesperrt. Es läßt sich eben nicht überall mit der Destillations- und Verbrennungsgase separat abführenden Muffel arbeiten; doch wurde sie unter gleichzeitiger Einführung von entlastender Exhaustion auch bei Quecksilbererzen (Patera), was hygienisch äußerst vorteilhaft ist, in Anwendung gebracht. Unbedingt zu verwerfen sind die rohen und höchst unökonomisch arbeitenden Haufen- und Stadelmethoden (Quecksilber in Ungarn, Schwefel in Sizilien), welche, wie wir bereits erwähnten, ganze Gegenden verpesten. Hierbei geht in den unteren Haufenschichten die Vergasung, in den oberen (kühleren) die Kondensation vor sich. Geleitet von dem erwähnten Prinzip der Herabminderung des Wanddruckes im Gaserzeuger, hat Heinzerling die Phosphordestillation im Vakuumapparate vorgeschlagen.

Das erzeugte Destillat, das dem Gasentwickler entsteigt, muß nun aus begreiflichen Forderungen der Ökonomie und der Hygiene möglichst vollkommen kondensiert werden; auch hier rentiert sich demnach die hygienische Vorkehrung. Die Kondensation kann nun auf die mannigfaltigste Art herbeigeführt werden und können wir uns hier — wo uns ausführliche spezialistisch-technische Erörterungen ferne liegen — nur auf die

Grundprinzipien und deren Bedeutung für unsere Fragen einlassen, der technische Fachmann muß über die Anwendbarkeit im einzelnen Falle entscheiden. Das Kondensationssystem muß vor allem gegen den Manipulationsraum vollkommen dicht erhalten werden, solange die Kondensation, respektive Destillation im Gange ist. Die Wandungen der Kondensatoren müssen gasdicht sein; bei Anreihung des Kondensators an das Vergasungssystem, sowie beim Anreihen der Kondensatoren aneinander, muß gut „lutiert" werden, die Fugen müssen gasdicht vermacht werden, so daß während der Destillation kein Gas in den Arbeitsraum entweichen kann; die Gasvergiftungsgefahr ist dann auf das Ausräumen des Destillationsproduktes beschränkt und hierbei muß, wie wir noch besprechen werden, die Ventilation abhelfen.

Das Verdichtungssystem muß ferner möglichst vollkommen verdichten, damit einerseits die eben erwähnte Gefahr beim Ausräumen und anderseits die Schädigung der Umgebung durch nicht verdichtete Gase herabgemindert, respektive beseitigt werde.

Der Techniker weiß den Wert eines guten Kondensationssystemes aus ökonomischen Rücksichten wohl zu schätzen; zugleich wird hier der hygienischen Forderung entsprochen.

Die Kondensation wird im allgemeinen durch zwei Hauptfaktoren: die Darbietung einer möglichst großen Oberfläche und durch die natürliche oder künstliche Kühlung erreicht.[1]) Dem ersteren Prinzipe wird durch die verschiedensten Methoden genügt; es gibt geräumige, aneinander gereihte Kondensationskammern, oder lange Gänge, oder hohe eiserne Kästen mit geneigtem oder horizontalem Boden (Quecksilber), einfache oder dreiteilige Vorlagen (nach Dagner bei Zinkdestillation) behufs Verlängerung des Weges der Dämpfe. Zur Kondensation des Bleiflugstaubes stehen lange Kanäle, die zu einem auf einer Höhe gelegenen Schornstein führen und mit Ausputzöffnungen versehen sind, in Verwendung (Eureka Company Nevada), ferner sind Vorsteckballons, einfach oder doppelt (nach Recha bei Zink) in Gebrauch. Die Oberflächenwirkung wird vielfach durch Windungen der Kondensationsrohre (schnecken-, spiral-, zickzack-, U-förmig) oder durch Einhängen von Platten, Herstellen von Scheidewänden (oder jalousieartig angeordneter Klappen nach Kleemann bei Zink) in das Kondensationssystem

---

[1]) **Die Prinzipien der Kondensation sind für die Fragen der Reinerhaltung der Betriebsatmosphäre wichtig (vergl. später bei Erörterung der Beseitigung der Abfallgase) und verdienen daher die folgende kursorische Besprechung.**

erhöht; mitunter läßt man die Dämpfe Draht- oder Wollgewebe oder Leinwandscheidewände passieren (Zinkoxyddarstellung). Bei Quecksilber stehen oft Röhrensysteme aller Art (auch Holzröhren) und speziell in Spanien die sogenannten Aludelschnüre in Gebrauch; diese stellen aneinander gereihte, birnförmige Tongefäße dar; leider wird hier oft nicht genug dicht lutiert; überdies ist bei Anwendung von Ton bei Destillationsvorlagen auf das leichte Springen und Rissigwerden Rücksicht zu nehmen.

Genügt die natürliche Kühlung (Außentemperatur) nicht, dann greift man zur künstlichen Kühlung mittels kalten Wassers, die Wandungen der beschriebenen (Fiedlerschen) Kondensationskasten können durch Wasser berieselt werden; Wolfram läßt in den Vorlagen in Röhrensystemen (bei der Zinkdestillation) Wasser zirkulieren; zickzackförmige, spiral- oder U-förmige Kondensationsröhrensysteme können behufs Kühlung in Wasserkasten tauchen. In Stockton (Utah) müssen die Bleiröstdämpfe einen sich drehenden Zylinder passieren, in welchem sich ein Schneckengewinde befindet und welcher zu zwei Drittel mit Wasser gefüllt ist. Schließlich ist es mitunter, wenn es das Destillationsprodukt erlaubt, möglich, ihm direkt Wasser (Brause, Dampfstrahl) innerhalb des Kondensationssystemes entgegenzusenden. Natürlich wäre es ideal, wenn es möglich wäre, das ganze Destillationssystem an seinem freien Ende gänzlich gegen die Außenwelt, sagen wir durch einen Wasserverschluß, abzuschließen; ein solcher Abschluß ist aber aus folgenden Gründen unmöglich: die Spannung im Systeme würde zu sehr anwachsen und der Druck die Destillation hemmen; außerdem wären dann die Destillationsgefäße schwer dicht zu erhalten und durch Haarrisse der Retorten, Muffeln, Ballons etc. würden die Gase entströmen; man hätte nichts gewonnen.

Es ist zu bedenken, daß so wie so bei einem komplizierten Destillationssystem der Widerstand oft derart anwächst, daß zur Aufrechterhaltung des Vorganges (wie bei der Steinkohlengasdestillation) Exhaustion angewendet werden muß — also das Gegenteil eines Abschlusses. Es erübrigt nichts anderes, als strenge Kontrolle darüber zu üben, ob nicht unverdichtete Gase aus dem Ende des Systemes entweichen; aus ökonomischen und hygienischen Rücksichten muß man für diesen Fall entweder sofort den Gang der Destillation (Feuerung) mildern und verlangsamen oder neue Kondensatoren dem Systeme anschließen, oder die Kühlung bessern, beziehungsweise die erwähnten Vorkehrungen zweckmäßig kombinieren. Entströmen nun dem Systeme doch noch inkonden-

sable Gase, dann sind sie als „unvermeidlicher Abfall" zu behandeln (siehe später).

Ist die Kondensation eine sehr gründliche, dann wird auch das Herausholen der Destillationsprodukte für den Arbeiter nicht allzu gefährlich sein; meist bleibt diese Operation jedoch eine bedenkliche; man muß dann, falls es möglich ist, an eine künstliche Ventilation des Systemes (Aussaugen) vor dem Betreten oder Öffnen denken, überdies muß stets eine sehr gründliche Ventilation der Manipulationsräume platzgreifen und sind diese Räume dann nach unserem dritten Grundsatze (später) zu behandeln.

Aus diesen Grundzügen können wir uns leicht die Regeln für einfachere Destillationsarten (z. B. bei böhmischer Schwefelsäure, Salpetersäure, Sublimat, Kalomel etc.) ableiten.

Das Gesagte, auf die einzelnen Destillationsarten angepaßt, genüge, um auf die wichtigsten Fragen und Maßnahmen bezüglich der Reinerhaltung der Atmospäre bei der Destillationsproduktion aufmerksam zu machen. Man sieht, daß sich hier die Forderungen des Rationalismus von technischer wie von hygienischer Seite so ziemlich decken; die ökonomische Produktion ist in der Regel auch weniger gesundheitsschädlich.

Außer dem Destillationsverfahren müssen wir auch das Bleikammerverfahren der Schwefelsäureerzeugung und verwandte Verfahren (Kammerverfahren) als in diese Gruppe gehörig bezeichnen; hier bilden gasförmige Zwischenprodukte aufeinander stoßend das flüssige Produkt. Bei der Schwefelsäurefabrikation sind es speziell die nitrösen Dämpfe und die schweflige Säure, welche in der Kammer aufeinander reagieren; die schweflige Säure kommt aus dem Röstofen (Kiesofen) und entnimmt der im Gloverturm herabträufelnden Nitrose die nitrösen Verbindungen; in den Kammern entsteht (unter Beisein von Wasserdampf) die Schwefelsäure, welche sich am Boden sammelt und abgelassen wird, die nitrosen Dämpfe gehen weiter zum Gay-Lussac-Turme, wo sie durch entgegenströmende Schwefelsäure aufgefangen werden; die entstehende Nitrose wird von da zur Höhe des Glover gehoben.

Auf die Maßnahmen, welche speziell beim Schwefligsäureentwickler getroffen sein müssen, um Arbeiter und Umgebung zu schützen, werden wir noch bei der näheren Besprechung der Röstung zurückkommen. Im übrigen ist es wiederum ein Hauptpostulat, das ganze System möglichst dicht zu gestalten, welcher Forderung die Bleiwände der Kammern und die Bleiauskleidung der Türme entsprechen; eigentlich belästigend und

durch austretende Dämpfe gefährdend wird diese Fabrikation vor allem durch zwei Umstände, welche trotz der Kontinuität des Verfahrens, welches durch die oben angedeutete stetige Zirkulation der nitrösen Dämpfe und der Nitrose unterhalten wird, dazu zwingen, in die sonst automatisch verlaufende Reaktion einzugreifen; es ist dies der Ersatz der Salpeterverluste und das Ausräumen des auftretenden Schlammes. Der Ersatz der Salpetersäure wurde früher durch Einführen von Salpetertöpfen in die erste Kammer bewirkt, wobei kolossale Mengen nitröser Dämpfe auftraten und den Arbeiter belästigten; jetzt ist dieser primitive Modus aufgegeben.

Sehr gefährlich aber bleibt das Reinigen der Kammern und das Räumen des Gay-Lussac-Turmes; beim Aufrühren des vorhandenen Schlammes kommt es zur plötzlichen Gasentwicklung; bei dieser Manipulation haben sich bereits mehrere Todesfälle ereignet. Es muß daher auch hier eine kräftige Ventilation vor dem Betreten platzgreifen. Die Rückstände (Schlamm) sollen ausgekrückt, die Kammer oder der Turm nicht betreten, sondern mechanisch entleert werden. Die Details dieser an den wichtigsten Beispielen der Destillation und der Schwefelsäuregewinnung dargelegten und angewandten, für die besprochene Gruppe der gasförmigen Zwischenprodukte allgemeinen Normen behalten wir uns für das spezielle Kapitel über chemische Industrie vor.

c) Das Produkt (Material) ist bloß dampfend (oder vorübergehend im dampfenden Zustande).

Das Prinzip, die Arbeit an und mit den dampfenden Materialien womöglich im abgeschlossenen Systeme zu verrichten, gilt auch hier; die am dampfenden Materiale vorgenommenen Manipulationen sollen demnach womöglich innerhalb des abgeschlossenen Systemes, also mechanisch (automatisch), ohne Handarbeit vor sich gehen. Läßt sich der Abschluß aus technischen oder Opportunitätsgründen nicht durchführen, dann greift man zu minder sicheren Hilfsmitteln, welche im Anbringen von Dunstfängen, Abführen und Absaugen der Dämpfe, eventuell Herabsetzung der Temperatur des Manipulationsraumes bestehen; bei minder giftigen Gasen genügen diese Vorkehrungen. Am meisten wird durch Kombination beider Prinzipien erreicht (Dichtung des Systemes und ausgiebige künstliche Ventilation und Exhaustion).

Die Beseitigung, respektive Verwertung der abgesaugten Gase wird in dem Kapitel „Abfallgase" später besprochen

werden und es erübrigt daher durch die wichtigsten Beispiele aus der chemischen Industrie, die Anwendung obiger Prinzipien auf die hergehörigen Fälle zu beleuchten.

In der Phosphorzündhölzchen-Industrie hat die hygienische Reform im Sinne obangeführter Grundsätze den größten Segen gebracht. Durch die Abschließung der Trockenräume, welche während des Trocknens nur von außen beobachtet werden dürfen, die Einführung von mechanischen Walzentunkapparaten mit Ummantelung und Exhaustion an Stelle der Handarbeit und durch Verwendung abgeschlossener Massekochkessel mit Dunstabzügen wurde diese früher so gefährliche Industrie zu einer mehr oder minder sanitär unbedenklichen. Eine schöne Errungenschaft ist ferner die Einführung der Sulfatrevolveröfen in der Soda- und Sulfatindustrie, deren mechanische Rührleistung das Umkrücken mit Handarbeit in ähnlicher Weise ersetzt wie der mechanische Puddelofen den nachteiligen und sehr anstrengenden Handpuddelprozeß in der Metallurgie; bei der Zinnoberindustrie wurde gleichfalls die mechanische Mohrmischung in rotierenden Trommeln eingeführt. Die Firniskochkessel sind jetzt mit mechanischen Rührwerken versehen; gleiche Vorsichten werden bei den Misch- und Rührwerken der Nitrobenzol- und Anilinindustrie beobachtet. Das Nitrieren (Schießbaumwolle, Dynamit) wird durch Ummantelung der Gefäße, Abschließen und Aufsetzen von Hauben mit Gasabzug ungefährlich gemacht. Beim Bleischmelzen wird in primitiveren Anlagen durch Bedeckung des geschmolzenen Metalles mit einer Fettschicht die Dunstentwicklung vermindert; vollkommenes leisten ventilierte Bleischmelzmaschinen, von deren vorzüglicher Funktion ich mich in den Akkumulatorwerken Pollak in Frankfurt a. M. überzeugen konnte; auch diese Apparate vereinen in schöner Weise die technischen Vorzüge mit den hygienischen Vorteilen.

Bei der Schriftgießerei, Gelbgießerei und der Herstellung von Legierungen hilft man sich durch entsprechende Dunstabzüge an den Schmelzkesseln, wenn nicht gleichfalls ventilierte Apparate angewendet werden können; ähnliche Behelfe mindern die Gefahr der Cyankali- und verwandter Industrien; auch die Herstellung von Quecksilberinstrumenten hat unter Abzug des Quecksilberdampfes zu geschehen; der Tabakdampf wird in den Tabakfabriken gleichzeitig mit dem Staube abgeführt.

Es verdient noch bemerkt zu werden, daß man sich, wie vorerwähnt, speziell in der Phosphor- und Schwefelkohlenstoffindustrie auch durch Kühlung der Räume helfen kann.

2. Die Mittel der Produktion sind dampfend oder gasförmig.

Nachdem auch hier die Hauptprinzipien: Abschließen, Abführen und Ersatz der Handarbeit durch mechanische Leistung gelten, erübrigt es, die Anwendung dieser Forderungen für Betriebe, welche mit gas- oder dampfförmigen oder dampfenden Produktionsmitteln arbeiten, an Beispielen zu erläutern.

In diese Kategorie gehört die Bleicherei (mittels SO_2 oder Cl). Hier wird für geschlossene Bleichkammern oder Holländer und genügende Ventilation vor dem Herausnehmen der gebleichten Materialien und Betreten der Kammer oder Öffnen des Holländers zu sorgen sein. Das gasförmige Chlor findet ferner bei der Chlorkalkdarstellung Verwendung.

Hasenclever ist es gelungen, durch Konstruktion eines Apparates mit mechanischem Aufrühren des zu chlorierenden Kalkes und gleichzeitigem Einleiten eines Chlorgegenstromes im geschlossenen Systeme den hygienischen Forderungen vollkommen zu entsprechen.

Die schweflige Säure spielt eine große Rolle beim Sulfitzelluloseverfahren: auf die Erzeugung und Absorption dieses Gases werden wir auch noch zurückkommen und wollen hier nur auf die Gefahren beim Öffnen der mit Sulfitlauge beschickten Kocher hinweisen, da im übrigen die Systeme der Sulfit- und Natronzellulosefabriken mehr oder weniger gänzlich abgeschlossen sind. Auch das Konservieren mittels schwefliger Säure („Schwefeln" bei Hopfen, Wein und Darren des Malzes u. ä.) sollte, soferne es noch im Gebrauche ist, in geschlossenen Kammern oder unter Abzügen geschehen; speziell in den mit schwefliger Säure arbeitenden Malzdarren sollten allgemein mechanische Malzwender eingeführt werden. Beim Hantieren mit Quecksilber (besonders Spiegelbelegerei, Glühlichtfabrik), bei der Goldscheidung, beim Kapelationsverfahren (Verschmelzen der Metalle mit Blei), bei der Feuervergoldung muß genügend für Abzug der Dämpfe gesorgt sein. Die große Zahl der mit dampfenden und mit gasförmigen Hilfsmitteln arbeitenden Verfahren ist damit nicht erschöpft; wir wollen jedoch bei der ziemlich einförmigen Behandlung, welche hier von Seite des Hygienikers und Ventilationstechnikers gefordert werden muß, nur noch an die Saturationsverfahren (Zuckerfabrik) und Karbonisationsverfahren (Lumpenindustrie) erinnern, welche beide gründlichen Abschluß fordern.

Einige Worte seien noch an dieser Stelle der für unsere Fragen so interessanten Schwefelkohlenstoffindustrie ge-

widmet. Die Gewerbe, welche mit diesem giftigen Körper hantieren, haben in der neuesten Zeit besonders schöne Beispiele für die Durchführbarkeit der hygienischen Forderungen selbst unter schwierigen Verhältnissen geliefert. Es ist gelungen, die ganze recht komplizierte Anlage zur Extraktion der Fette mittels Schwefelkohlenstoff zu einem geschlossenen Ganzen zu vereinen, in welches die zu extrahierenden Stoffe eingeführt werden und in welchem der Schwefelkohlenstoff zirkuliert; er laugt hier zuerst die Fette aus dem Rohmateriale aus, um dann, ohne das Röhrensystem zu verlassen, wegdestilliert und wieder kondensiert zu werden, um endlich von neuem wieder in Aktion zu treten. Ein ebenso interessantes technisch-hygienisches Kunststückchen führte Recknagel in einer Kautschukvulkanisierwerkstätte in Berlin durch, wo er sämtliche Schwefelkohlenstoffgefäße in einem Luftkanale unterbrachte, in welchem ein kräftiger Luftstrom den schädlichen Dampf abführt; über den Gefäßen angebrachte Löcher ermöglichen die Manipulation beim Vulkanisieren; sie können, wenn die betreffende Schüssel nicht benutzt wird, mittels Holzdeckel geschlossen werden. Auf diese Weise kann der Arbeiter sich mit dem Gesichte während der Arbeit unmittelbar über der Schüssel befinden, ohne vom Dampf im geringsten belästigt zu werden. Die Details dieser Anlage wurden mir in liebenswürdiger Weise von Herrn Recknagel selbst mitgeteilt.

3. Schutzmaßnahmen gegen die einen unvermeidlichen Abfall der betreffenden Industrie bildenden Gase und Dämpfe (Schutz der Umgebung).

Wie wir gesehen haben, kann ein solcher Abfall im gas- oder dampfförmigen Zustande aus dem produzierten Materiale oder den zuletzt besprochenen gasförmigen Produktionsmitteln bestehen, falls es nötig war, dieselben durch Ventilations- und Exhaustionsvorrichtungen abzuführen, und nicht möglich war, durch Abschluß des Systemes Hinreichendes zu leisten; außerdem jedoch können sich solche mehr oder minder lästige Gase als Nebenprodukte irgendeiner bei der Fabrikation statthabenden Reaktion oder irgend eines Verfahrens entwickeln und müssen am Orte der Entstehung abgeführt werden, denn auch für diese Klasse der Betriebe müssen wir unser Hauptpostulat „abschließen und abführen" aufrecht erhalten. Was hat nun aber mit all den gasförmigen Abfällen, welcher Art und Entstehung immer sie sein mögen, zu geschehen? Das Entweichenlassen der Gase ist unbedingt unzulässig, da auf An-

rainer und Umgebung der Fabrik Rücksicht genommen werden muß. Es lassen sich demnach die meisten in diesem Abschnitte zu erwähnenden Schutzmaßnahmen auch unter dem Titel „Schutz der Umgebung" zusammenfassen.

Wir haben hier zwei Hauptnormen ins Auge zu fassen: wenn die abgeführten Gase irgendwie verwertbar sind, müssen sie verwertet und hierdurch unschädlich gemacht werden — erst wenn dies unmöglich ist, wegen Irrentabilität einer solchen Anlage oder der Qualität der gasförmigen Stoffe an sich, dann sind solche Abfallgase zu vernichten. Wir sehen, daß auch hier das Postulat der Gewerbehygiene mit den Forderungen einer ökonomischen Betriebsgebarung Hand in Hand geht. Welche Mittel stehen uns im ersteren (Verwertbarkeit), welche im letzteren Falle (Nichtverwertbarkeit) zu Gebote?

a) Verwertung der gas- und dampfförmigen Fabrikationsabfälle und Nebenprodukte.

Sobald es nötig geworden ist, gas- und dampfförmiges Produkt oder Fabrikationsmittel abzuführen, um die Arbeitsräume vor den Emanationen zu schützen, wird man durch Kondensation der Dämpfe das Produkt seiner Verwertung zuzuführen, respektive das Produktionsmittel neuerdings in den Betrieb einzuführen trachten. Dies gelingt, indem man an das Exhaustionssystem ein Kondensationssystem anschließt; Exhaustion und Kondensation sind die souveränen Mittel in dieser Beziehung, sie gehen Hand in Hand und daher hat die Kondensation, deren Prinzipien bereits auf Seite 156 ausführlicher erörtert wurden, für unsere Fragen eine maßgebende Bedeutung vom hygienischen und technisch-ökonomischen Standpunkte. Handelt es sich hingegen um ein mehr oder minder lästiges und gefährliches gasförmiges Nebenprodukt der Fabrikation, dann ist es Sache des findigen Technikers und Chemikers, wie überhaupt bei den Fragen, vor welche die Nebenprodukte den Fabrikanten stellen, die zweckentsprechendste, rentabelste, nicht minder aber auch die ungefährlichste, am meisten den Forderungen der Gewerbehygiene genügende Verwertungsart auszuforschen. Aus den mannigfaltigen, hierher einschlägigen Verwertungsmethoden greifen wir nur die effektvollsten Beispiele gleichsam zur Richtschnur und Illustration heraus.

Die Verwertung des als Abfall abgeführten Gases kann folgendermaßen geschehen: 1. Durch Kondensation, 2. durch Absorption desselben (in beiden Fällen wird es dann in flüssigem oder festem Zustande verwertet, also unschädlich ge-

macht), 3. kann das Gas im noch gasförmigen Zustande direkt einer Nebenindustrie zugeführt oder zu anderweitigen Betriebszwecken verbraucht werden.

ad 1. Ein typisches Beispiel für die Verwertung nach Kondensation der Abfallgase gibt die Arsen- und Antimongewinnung bei der Verhüttung arsenhaltiger Erze; falls diese flüchtigen Substanzen mit dem Hüttenrauche entweichen, bringt sich der Hüttenmann um einen bedeutenden materiellen Gewinn und gefährdet überdies seine Arbeiter und seine Adjazenten in hohem Maße.

Auch der Teer, welcher so viele Schätze in sich birgt, ist ursprünglich ein durch Kondensation gewonnenes Abfallsprodukt.

Die chemische Superphosphatfabrik „Silesia" kondensiert die beim Aufschließen entstehenden Fluorsiliziumdämpfe.

ad 2. Zur Absorption kann man sich, wie es bei der Verwendung der Lamingschen Gasreinigungsmasse geschieht, einer festen Substanz oder wie im Falle der Erzeugung der Sulfitlauge einer entsprechenden Flüssigkeit bedienen. Aus der Lamingschen Masse werden bekanntlich Cyanverbindungen hergestellt, oder sie findet in der Gerberei Verwendung; die Sulfitlauge dient zur Extraktion der Inkrustationssubstanzen aus dem Holze beim Sulfitzelluloseverfahren.

Zur Absorption bedient sich die Industrie besonderer entsprechender Apparate. Falls das Absorptionsmittel fest ist, wird es in Kammern oder Kästen, durch welche die Gase oder Dämpfe streichen, ausgebreitet (eventuell auf Rahmen u. dgl.); ist das Absorptionsmedium flüssig, kann das Gas gleichfalls in mit der Flüssigkeit gefüllte Kammern, Steigrohre, Kugelapparate oder in kompliziertere Vorrichtungen eingeleitet werden; mitunter wird auch der umgekehrte Weg eingeschlagen, daß man nämlich in mit dem Gase gefüllten Kammern die Absorptionsflüssigkeit versprengen läßt (z. B. Wasser mittels Brause, Injektor, Segners Wasserrad etc.); einer besonderen Erwähnung bedürfen die Absorptionstürme. Diese sind mit dichten Wandungen versehene, hohe turmartige Apparate, welche mit einem Materiale gefüllt sind, das eine feine Verteilung der von der Höhe des Turmes, auf welcher sich ein Reservoir befindet, eingeleiteten Flüssigkeit zuläßt; überdies muß aber die Füllung eine derartige sein, daß Zwischenräume und Spalten genug da sind, um das von unten in den Turm eingeführte Gas nach oben, also im entgegengesetzten Sinne des Flüssigkeitsstromes, streichen zu lassen. Ein diese Bedingungen erfüllendes und dabei gänzlich indifferentes Materiale sind die

Koks; häufig jedoch werden (wie bei der Sulfitlaugefabrikation) Füllungsmaterialien von bestimmtem chemischen Charakter gewählt (Kalk, Magnesit). Mitunter treten statt der Türme mit Füllung Plattentürme in Verwendung. Der Hauptwitz bei allen Absorptionsvorrichtungen besteht in der Wahl des richtigen Verhältnisses zwischen der Stärke des Gasstromes und der Art Absorption. Die Regulierung des Gasstromes hat man natürlich vollkommen in der Hand, sobald die Intensität desselben durch Ventilationsapparate (Ventilatoren) und entsprechende Regulierungsvorkehrungen beherrscht wird.

ad. 3. Bereits in der Einleitung gedachten wir des genialen Einfalles, die den Röstöfen entströmenden schwefligsauren Gase mittels Bleikammerverfahrens zur Schwefelsäureproduktion zu verwenden; freilich bedarf es hierbei, um diese Verwertungsart zuzulassen, eines Mindestgehaltes der Gase an schwefliger Säure von bestimmter Höhe und hierzu wiederum der Anwendung bestimmter Ofen-, respektive Herdkonstruktionen beim Röstprozesse. Der richtige Apparat zur Erzeugung von Gasgemischen von hoher Schwefligsäurekonzentration ist die Muffel, nachdem hier die Röstgase nicht durch die Verbrennungsgase verdünnt werden. Es werden (nach Heinzerling) auch Kombinationen von Herd- und Muffelöfen getroffen (Hasenclever-Helbig), um den erforderlichen Schwefligsäuregehalt zu bekommen. Der Röstprozeß wird uns weiter unten (bei Besprechung der Beseitigung der Röstgase) nochmals beschäftigen.

Von großem Interesse ist für uns die Verwertung der Hochofengase als solche zu Beheizungszwecken, und zwar teils zum Vorwärmen der Gebläseluft (Heizen der Windhitzer), teils zum Heizen des Kessels. Der bedeutendste modernste Fortschritt in dieser Richtung ist jedoch die Verwendung der Ofengase zum Betriebe von Gaskraftmaschinen (z. B. in Seraing), wodurch es ermöglicht wird, daß Hochofenanlagen künftighin bedeutende Kraftmengen abgeben können.

Jede Verwertung der Ofengase bei Hoch- oder Schachtöfen setzt die Arbeit mit Gichtabschluß voraus (siehe auch früher Schachtöfen der Quecksilberverhüttung). Der Gichtabschluß, sowie das Weiterführen der Ofengase, welches vielfach durch Exhaustion unterstützt und reguliert wird, ist demnach wiederum eine Maßnahme, welche einerseits technisch hoch zu bewerten ist und anderseits durch die Vermeidung der Luftverunreinigung großen Nutzen bringt. Wir erwähnen die wichtigsten Konstruktionen. Der gewöhnliche Gichtabschluß (nach Parry) besteht aus einem umgekehrten Eisentrichter, der durch eine über eine Rolle laufende Kette und ein Gegen-

gewicht äquilibriert und in die gleichfalls umgekehrt trichterförmige Gicht hineinpassend eingehängt ist. Mitunter erfolgt dieser Abschluß auch durch ein auf die Gichtöffnung aufgesetztes eisernes Kugelsegment.

Da beim Chargeaufgeben bei den einfachen Gichtverschlüssen immer noch Gase verloren gehen, haben Frews (Doodley) und Schlink Doppelverschlüsse konstruiert, deren Mechanismus wir bereits oben (Kondensation der Quecksilberdämpfe) besprochen haben. Freilich hebt Heinzerling mit Recht hervor, daß auch hier allzu Kompliziertes vermieden werden muß. Der Abzug der Gicht erfolgt an zwei einander gegenüberliegenden Stellen, von denen aus die Gase durch Gasleitungen ihrer Bestimmung zugeführt werden (zur Beseitigung des anhaftenden Flugstaubes werden die Gase vielfach mittels Streudüsen gewaschen). Das Reinigen des Gasleitungssystemes durch Einsteigen in die Leitungen ist gefährlich; es sollte daher die Reinigung von außen her stattfinden; wenn ein Ventilator in die Leitung eingeschaltet ist, so bringt dies demnach auch den Nutzen, daß die behufs Reinigung leer gelaufene Leitung jederzeit vollkommen ausgesaugt werden kann, so daß das Betreten vollkommen gefahrlos wird.

Ehe wir diese Betrachtungen beenden, wollen wir noch des Schaffner-Mond- und Schaffner-Helbigschen Verfahrens gedenken, welche es ermöglichten, die durch allmähliche Schwefelwasserstoffentwicklung beim „an der Luft liegen" hochgradig belästigenden Sodaäscher der Sulfat- und Leblancsodafabriken nicht nur zu beseitigen und unschädlich zu machen, sondern auch den wertvollen Schwefel aus diesen Rückständen wieder zu gewinnen. Das Grundprinzip des sehr vollkommen arbeitenden Schaffner-Helbig-Verfahrens, welches 90—95% des Gesamtschwefels aus den Äschern wieder gewinnt, ist folgendes: Das in den Rückständen enthaltene Schwefelkalzium wird durch Behandlung mit Magnesiumchlorid in Magnesiumsulfit und Chlorkalzium zerlegt; werden die Rückstände nunmehr mit Wasser behandelt, so entweicht der Schwefelwasserstoff unter Bildung von Magnesiumhydrat; dieser wird dann zu schwefliger Säure verbrannt, welche schließlich mittels Bleikammerverfahrens zu Schwefelsäure verarbeitet neuerdings in die Sulfatindustrie eingeführt wird. Das durch die Behandlung mit Wasser aus dem Magnesiumsulfit entstandene Magnesiumhydrat wird mittels Kohlensäure oder kohlensäurehaltigen Rauchgasen unter Hinzutritt des anfänglich entstandenen Chlorkalziums unter gleichzeitiger Bildung von kohlensaurem Kalk zu Magnesiumchlorid und kann neuerdings in Aktion treten.

Dieses Verfahren ist besonders genial erdacht, nachdem die hier aufgewendeten Agentien aus den Abfällen wieder entstehen. Die Abfälle werden verwertet und für den Luftkreis der Industrie unschädlich.

b) Beseitigung (Unschädlichmachen) der abfallenden (unverwertbaren) Industriegase.

Die abgeführten, nicht verwertbaren Gase müssen zum Schutze der Umgebung des Betriebes unschädlich gemacht werden. Hierzu stehen der Industrie im allgemeinen folgende Mittel zu Gebote: Kondensation, soweit sie erzielbar ist, Absorption mit Neutralisation (diese letztere kann auch bei der Kondensation verwendet werden), Verbrennung der Gase und Dämpfe.

Wiederum ist es der Röstprozeß mit den Röstgasen, der uns in dieser Beziehung ein lehrreiches Beispiel liefert. Im folgenden erörtern wir die Behandlung der Röstgase für den Fall, daß ihre Verwendung zum Bleikammerverfahren gänzlich oder teilweise unmöglich ist. Die Belästigung durch die Röstgase und speziell deren Gehalt an schwefliger Säure bewog die Hüttenindustrie bereits anfangs der Fünfzigerjahre zu dem Versuche, durch chemische Reagentien die Neutralisation dieser Dämpfe zu erzielen. Vollkommeneres wurde aber erst geleistet, als man Kondensations- und Absorptionstürme mit Chamottefüllung herstellte, in welchen Kalkmilch kaskadenartig niederrieselte. Die unten abfließende, sauren, schwefligsauren und etwas schwefelsauren Kalk enthaltende Flüssigkeit wird dann in Kläranlagen geleitet. Nach Bernouilli wird durch diese Methode die gesamte schweflige Säure bis auf die letzten Spuren unschädlich gemacht. Goodefeld (Manchester) glaubte bei Anwendung des Kalkmilchverfahrens besondere Zerstäubungsvorrichtungen (Räder und Siebe) mit Vorteil zu verwenden; andere Vorschläge gehen dahin, die schweflige Säure in mit Kalkstein oder Dolomit gefüllte Kammern einzuleiten oder (nach Precht) bei vorhergehender Kühlung der Dämpfe Magnesia und Tonerde oder (nach Schnabel) Magnesia und Zinkoxyd zur Füllung zu verwenden. Die mit bloßer Wasserberieselung arbeitenden Absorptionsverfahren sind ungenügend (Heinzerling). Wenn das Gas dagegen durch Ventilatoren, Exhaustoren, respektive Injektoren in das Wasser eingepreßt und in feinen Bläschen verteilt wird, kann man besonders dann große Erfolge erzielen, wenn in die Absorptionsbecken Zementkupfer hineingeworfen wird, welches sich während des Prozesses zu Kupfervitriol

umsetzt. Opplers Vorschlag, die Röstgase durch verschiedenartig imprägnierte Briketts zu absorbieren, fand wenig Anklang.

Die oberwähnte Anwendung von Ventilatoren beim Röstprozesse erfüllt noch einen weiteren wichtigen Zweck. Die Ventilatoren, welche die Gase zu ihrer weiteren Verwendung in die Bleikammern, Absorptionstürme etc. weiterpressen, wirken als Exhaustoren auf die Kiesöfen ein und entlasten so dieselben von dem in ihnen herrschenden Gasdrucke; dies hat den schon öfter erwähnten großen Vorteil, daß Gasverluste aus Undichtigkeiten der Öfen oder beim Öffnen und Aufgeben vermieden werden, da in denselben Unterdruck herrscht. Der Vorgang wird dadurch sparsam und anderseits wird eine Verunreinigung der Luft des Manipulationsraumes, in dem die Öfen stehen, unmöglich, sogar dann, wenn die Öfen kleine Undichtigkeiten aufweisen; ferner schlagen dem Arbeiter, der mit der Krücke hineinlangt oder Erz aufgibt, respektive zu sonst einer Manipulation den tätigen Ofen öffnet, nicht heiße Gase und Flammen entgegen, was bei im Ofen herrschenden Überdruck für den Arbeiter und den Betrieb (Feuersgefahr) verhängnisvoll werden kann.

Ein derartiges musterhaftes Kiesofenwerk, in welchem infolge der Anwendung von entlastender Exhaustion auch nicht die Spur von schwefliger Säure oder sonstigen Gasen zu merken ist, hatte ich Gelegenheit in der chemischen Fabrik Grießheim (Schwefelsäurefabrik) zu sehen. Man kann dort sozusagen mit Vergnügen beobachten, wie, wenn die Ofentüre geöffnet wird, nicht nur keinerlei Emanationen entweichen, sondern im Gegenteil Luft in den Ofen einströmt. Ähnliche vorzügliche Verhältnisse fand ich in der Blei- und Silberhütte in Braubach am Rhein vor.

Die Verbrennung der Gase wird dann rationell sein, wenn es möglich ist, dieselben durch diesen Oxydationsvorgang in eine unschädliche Form überzuführen. Dies wird bei den meisten Dämpfen organischer Natur (z. B. Akrolein beim Talgschmelzen u. ä.) der Fall sein, da diese bei vollständiger Verbrennung zumeist zu Kohlensäure und Wasserdampf werden, soferne sie außer Wasserstoff, Sauerstoff und Kohlenstoff nicht auch Stickstoff, Phosphor, Schwefel u. a. m. enthalten; bei letzteren Stoffen wird die Verbrennung sich nicht empfehlen oder nur teilweisen Erfolg haben. Der Mechanismus einer solchen Abfuhr und Verbrennungsanlage für Gase ist meist einfach: Das Gas wird mittels Helmen, Dunstfängen etc. aufgefangen, durch einen Ventilator angesogen und in die Feuerung weitergedrückt. Besonders geeignet sind zur Ver-

brennung alle durch ihren Kohlenoxydgehalt giftigen Gasgemenge, da sie, wie wir gehört haben, auch einen bedeutenden Heizeffekt hervorrufen. Aber auch dann, wenn dieser Heizeffekt (wie z. B. in der Regel beim Kupolumschmelzofen und auch anderen Ofenkonstruktionen) nicht zu gewärtigen ist, sind kohlenoxydhaltige Gase auf die in Verdünnung unschädliche Kohlensäure zu verbrennen.

Auch das Schwefelwasserstoffgas ist mitunter zur Verbrennung geeignet; es wird hierdurch zu schwefliger Säure, welche bei genügender Konzentration nach den angegebenen Verfahren behandelt wird, wobei wir nochmals auf die Schwefelwasserstoffverbrennung beim Schaffner-Mond-Helbigschen Verfahren erinnern.

3. Grundsatz:

Erst wenn das *Eindringen* des *Staubes* oder der *Giftgase* in die Betriebsräume *nicht zu vermeiden* ist, wenn demnach die erläuterten („vollkommenen") Maßnahmen unbedingt nicht anwendbar sind, *dann kommen Aushilfsmaßregeln* („Palliativmittel") in Betracht, welche vor allem darin bestehen, daß die *Zahl* der gefährdeten *Lokalitäten* möglichst *beschränkt* bleibe und daß in denselben möglichst *wenig Arbeiter* beschäftigt werden; die der Gefahr ausgesetzten müssen durch kräftige *Ventilation* der betroffenen Betriebsräume vor der üblen Einwirkung nach Möglichkeit *geschützt* werden.

Dank dem sukzessiven Verdrängtwerden der Handarbeit mit staubenden und dampfenden Materialien und in staub- und dampf-, respektive gasentwickelnden Betrieben überhaupt und dank dem stets sich mehrenden Interesse, welches die moderne Industrie den Ventilations- und Exhaustionsfragen entgegenbringt, wird die Zahl der Betriebe, in deren Räume luftverderbende und gesundheitsgefährdende Emanationen unmittelbar eindringen, stets kleiner.

Ein solches Eindringen der Luftverunreinigung in die Betriebsräume kommt natürlich besonders im Kleinbetriebe vor, wo die Exhaustoranlage mit relativ zu viel Spesen verbunden ist, ferner im nichtmaschinellen Betriebe und überhaupt überall, wo es an Kraft mangelt, die den Exhaustor treibt, wo die Maschinen mit der Hand versorgt werden, wo nicht Dampf- oder Wasserkraft in Verwendung kommen; natürlich wird es auch stets kostspieliger und schwieriger sein, alte Anlagen dem Modernen zu adaptieren, als neue, moderne Anlagen zu schaffen.

Insbesondere in letzterer Beziehung — bei der Neuerrichtung von Betriebsanlagen — muß die Verwaltung und Legis-

lative zum Schutze der Arbeiterschaft und Umgebung bestimmend eingreifen und die Forderungen der Hygiene sanktionieren; das Gesetz muß von vorneherein mit Bedingungen an den Errichter des Betriebes herantreten. Das Fundament in dieser Beziehung ist durch ein strenge geregeltes Konzessionierungswesen gegeben, welches die Erlaubnis zur Errichtung gefährlicher Betriebe an ein bestimmtes Rechtsverfahren knüpft, durch welches die Möglichkeit des rechtzeitigen Eingreifens der kompetenten sachverständigen Organe geboten wird.

Auf diese Weise wird von vorneherein die Zahl derjenigen Betriebe, bei welchen schädliche Emanationen in die Betriebsräume eindringen, auf das mindeste herabgesetzt, d. h. auf diejenigen Anlagen beschränkt, in welchen tatsächlich nichts übrig bleibt, als einzelne Arbeiter der Gefahr auf eine gewisse Zeit auszusetzen.

In diesen Fällen muß, wie schon in unserem 3. Grundsatze erwähnt, alles getan werden, um die Gefahr zu mindern, indem man vor allem durch Ventilation des Raumes und durch Erhöhung des Luftkubuses den Grad der Luftverunreinigung herabsetzt. Die Prinzipien und Faktoren, welche für die Errichtung zweckmäßiger Anlagen dieser Art maßgebend sind, wurden ausführlich erörtert und die hierzu dienenden Vorrichtungen beschrieben, sowie die Berechnungen des Nutzeffektes gestreift.

Bei mit Giftgasen erfüllten Räumen muß als durch die Raumventilation zu erstrebendes Ziel hingestellt werden, daß diejenige Konzentration, respektive Verdünnung des schädlichen Gases erreicht werde, welche nach der wissenschaftlichen Forschung sicher nicht mehr schädlich ist.

Der Leser findet Angaben über die noch gefährlichen, respektive bereits ungefährlichen Gasverdünnungen auf Seite 112 ff., ferner auch bei der Besprechung der einzelnen Giftgase. Über den Grad der Verstaubung der Luft bestimmter Lokalitäten orientiert wohl das subjektive Empfinden des Hustenreizes, sobald es sich um eine reizende Staubart handelt und die prüfende Person an die Inhalation derselben nicht gewohnt ist. Abgesehen von exakten Methoden (Filtration bestimmter gasometrisch gemessener Luftmengen und genaues Wägen der exakt getrockneten Baumwollfilter auf der analytischen Wage), welche sich oft leicht und genau genug improvisieren lassen, dient zur Orientierung über die in der Luft enthaltene Staubquantität bis zum gewissen Grade die Konstatierung der Keimzahl in der Lufteinheit (das Resultat dieser bakteriologischen Zählmethoden ist jedoch nur mit Vorsicht zu verwerten); endlich kann man den Staub durch Einfallen eines Lichtstrahles

(am besten direkten Sonnenstrahles) in den sonst verdunkelten Raum, wie ja bekannt, deutlicher sichtbar machen.

Wir zählen in folgendem kursorisch die Maßnahmen auf, welche für den Fall des Eindringens der schädlichen Emanationen in die Betriebsräume zur Herabminderung der Gefahr getroffen werden können und müssen.

Wie erwähnt, müssen solche Lokalitäten von den übrigen abgeschlossen werden, d. h. die Schädlichkeit muß auf ein möglichst enges Terrain eingeschränkt werden; ferner wird man in diesen Räumen möglichst wenig Personen in kurzer Schicht beschäftigen. Zu der gefährlichen Arbeit dürfen nur widerstandsfähige und unter ärztlicher Kontrolle stehende (nie weibliche und jugendliche Arbeiter) herangezogen werden. Überdies kommen noch diejenigen Vorkehrungen in Betracht, welche zum Schutze des einzelnen Arbeiters, welcher sich der Gefahr aussetzen muß, dienen. Der Leser findet Genaueres hierüber in den Kapiteln „persönlicher Schutz" — unter diesem Titel fasse ich diese Schutzmaßnahmen zusammen — in meinen erwähnten Sonderabhandlungen „über den Staub" und „über die schädlichen Gase" (Zeitschr. f. Gew. Hygiene 1900—1902).

Außer dem Gebote einer peniblen, wohl kontrollierten Reinlichkeitspflege (Waschen, Baden, Verbot des Essens im Arbeitsraume; Beistellung von Waschgeschirr, Errichtung von Badeanstalten und Speiseräumen) ist es die leidige Respiratorfrage, welche hier in den Vordergrund tritt; soviel Kopfzerbrechen schon die Konstruktion von Respiratoren den Ärzten und den Technikern bereitete, man ist hier allem Anscheine nach noch nicht auf einen grünen Zweig gekommen; der Respirator bleibt etwas Unvollkommenes, solange er den Arbeiter belästigt, und es wird wohl nur sehr schwer gelingen, diesem Mangel abzuhelfen.

Dritter Abschnitt.

Spezielles über Ventilation und Verhütung der Luftverunreinigung in einzelnen Industriezweigen und Gewerben.

Wir ergänzen die allgemeinen Normen und Grundsätze des vorigen Kapitels nunmehr abschließend durch spezielle Angaben über die vornehmlich interessierten Hauptzweige der Industrie, indem wir allerdings vor allem die Verhältnisse der Großindustrie im Auge haben.

Der Vollständigkeit halber bringen wir zunächst eine Übersicht über Ventilationsanlagen der Industrie, soferne dieselben vornehmlich mehr oder minder rein technischen Zwecken dienen, um dann ausführlicher die wichtigsten Branchen der Großindustrie zu behandeln, welche besonderer Vorkehrungen gegen die Luftverunreinigung bedürfen.

A. Anwendung der Ventilation zu bestimmten technischen Zwecken (Übersicht).

I. Ventilation durch Motoren- (Saugzuganlagen) zur Zugverstärkung für Industriefeuerungen überhaupt.

Von technischer Seite werden hierbei folgende Hauptvorteile hervorgehoben:[1])

1. Die Verdampfungsfähigkeit des Kessels erhöht sich;
2. die Möglichkeit der besseren Ausnutzung der in den Rauchgasen enthaltenen Wärme durch Anbringung von Vorwärmern und Überhitzern;
3. Kohlenersparnis;
4. Zulässigkeit der Verwendung verschiedenartiger, auch minderwertiger Brennstoffe;
5. der Zug ist von der Konstruktion der Feuerungsanlage und den Witterungsverhältnissen unabhängig;
6. der Zug ist nach Bedarf regulierbar;
7. die Zulässigkeit der Vergrößerung der Kesselanlage ohne Änderung des Schornsteines;
8. die dichte Rauchentwicklung erscheint herabgemindert.

Der Raumbedarf, Kraftbedarf und die Anschaffungskosten der künstlichen Zuganlage sind verhältnismäßig gering.

So ist die künstliche Saugzuganlage gar oft der Erbauung hoher Schornsteine mit großem Kostenaufwande vorzuziehen; zumal letztere mitunter nicht das leisten, was man sich von einer so teuren Anlage erwartete, und weil sich eine Schornsteinanlage behufs Erzielung eines besseren Effektes nur schwer abändern oder verbessern läßt.

II. Luftkühlungsanlagen im allgemeinen.

Zur Kühlung von Lagerräumen, Kellern etc., sowie zur Kühlung gebrannter oder gerösteter Materialien (als Kaffee, Feigen, Gerste etc.) werden gleichfalls mit Vorteil künstliche

[1]) „Techn. Neuheiten" 1903, Nr. 1.

Zuganlagen, respektive Zugverstärkungsanlagen verwendet, besonders dort, wo gleichzeitig Dunstabzug erwünscht ist, wie in beiden angeführten Fällen: in den Kellern nämlich, um die vielfach sich anhäufende Kohlensäure abzuführen, oder um so mehr, wenn das Sichanhäufen brennbarer flüchtiger Produkte zu fürchten ist. Bei den gerösteten (gedörrten) Materialien ist gleichfalls der Abzug der hochgradig lästigen brenzlichen Emanationen gleichzeitig mit der Kühlung erwünscht, respektive notwendig. Das zu kühlende Material wird, wie in Fig. 37 angedeutet, auf in den Kasten einschiebbare Hürden gelegt, durch

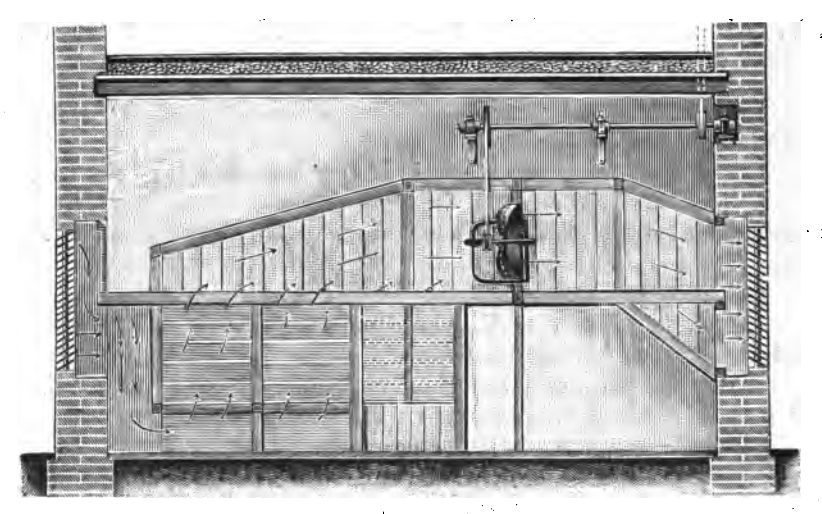


Fig. 37.
Kühleinrichtung mittels „Challenge"-Luftpropeller zum raschen Abkühlen gebrannter, beziehungsweise gerösteter Materialien, als Feigen, Kaffee, Gerste u. dgl.
In der skizzierten Anordnung werden zwei vorhandene Fenster, einerseits für den Lufteintritt, anderseits für den Luftaustritt, benutzt.

welche die von außen eintretende, von einem Propeller (im abgebildeten Falle System Neuwinger, Wien) angesaugte Luft streicht.

III. Trockenanlagen und Befeuchtungsanlagen im allgemeinen

durch Einblasen erhitzter Luft oder Absaugen der mit Feuchtigkeit gesättigten Luft oder Einführung künstlich befeuchteter Luft (siehe Seite 86 ff.).

Bezüglich der mit künstlicher Lüftung verbundenen Trockenanlagen belehren die Fig. 38 und 39, welche den auf Seite 80 beschriebenen Challenge-Luftpropeller in dieser Anwendung

darstellen. Der Vorteil einer solchen Anordnung ist, daß Materialien, welche in der gewöhnlichen Weise ausgebreitet, große Räume zum Trocknen beanspruchen würden, so in einem verhältnismäßig kleinen Raume getrocknet werden können, und ferner, daß der Trockenprozeß ungemein schnell von statten geht, so daß große Quanten binnen kurzer Zeit getrocknet werden können.

Das zu trocknende Material wird auf in den Kasten einschiebbare Hürden gelegt und diese von oben nach unten gewechselt. Jede Abteilung kann mittels separater Tür hermetisch geschlossen werden und ist somit einzeln zugängig.

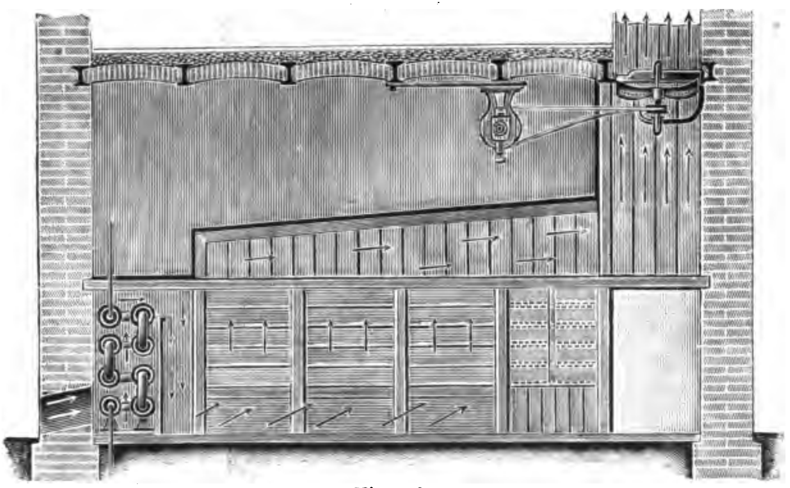


Fig. 38.
Einrichtung zum Trocknen von Federn, chemischen Produkten und anderen Materialien mittels „Challenge"-Luftpropeller.

Derartige Trockenanlagen mit Propeller für das Eintreiben von Warmluft oder bloßem Abziehen verwendet die Textilindustrie mit Vorteil (Trocknen von Wolle, Garnen etc., siehe später spezielles Kapitel über die Textilindustrie, dort auch weitere Illustration), überdies findet diese trocknende Ventilation bei der Leimbereitung, Malzbereitung etc. häufig Anwendung.

IV. Entnebelungsanlagen im allgemeinen.

Die Entnebelungsanlagen werden in allen jenen Industrien notwendig, wo sich während der Arbeit die Räume mit Dampf- und Nebelmassen anfüllen.

Die Entnebelung der Räume ist, abgesehen von der Gesundheitsgefahr für die Arbeiterschaft (Durchnässen der Arbeits-

kleider und Verkühlung) und der erhöhten Unfallsgefahr bei unklarer, mit dichtem Nebel erfüllter Atmosphäre auch vom rein technischen Standpunkte sehr empfehlenswert, ja sogar mitunter dringend geboten, da die Maschinen, Transmissionen, Decken und Wände häufig sehr unter der Feuchtigkeit und den herabfallenden Tropfen kondensierten Wassers leiden. Die Bewegung im Betriebe wird durch die Schlüpfrigkeit der Betriebsteile und Räume, Gänge, Stiegen, Stege etc. behindert;

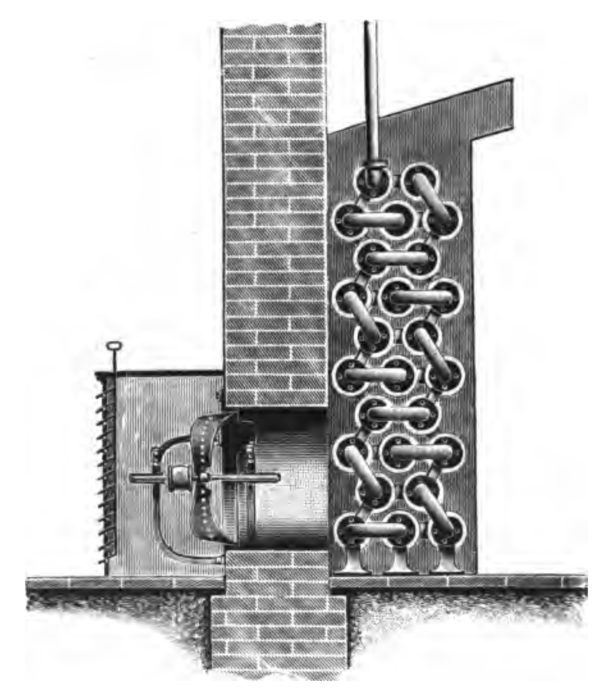


Fig. 39.
Entnebelungsapparat (System Neuwinger, Wien).

die Möglichkeit des Ausgleitens erhöht wiederum die Unfallsgefahr.

Ganz insbesondere ist die Anbringung von Entnebelungsanlagen in Färbereien, Appreturen, Wäschereien, Hut-, Papierfabriken und Bleichereien, sowie verwandten Industrien notwendig.

Um ein Lokale von Nebelschwaden zu befreien, kann man zwei Wege einschlagen: man kann die sich entwickelnden Dämpfe mittels Fangtrichtern auffangen und ehe sie noch Zeit haben sich abzukühlen und zu kondensieren, dieselben absaugen

oder man kann in die betroffenen Räume erhitzte Luft einführen, welche den Wasserdampf dann gleichfalls hindert, sich zu kondensieren und denselben mit sich in die Abzugskanäle fortreißt.

Einen derartigen „Entnebelungsapparat" (System Neuwinger) stellt Fig. 39 dar. Derselbe besteht aus einem („Challenge") Luftpropeller, einer Heizbatterie aus Rippenrohren, sowie zwei Kasten, wovon der eine (linksseitige) als Saugkasten, der andere (rechtsseitige) als Mantel für die Heizung dient. Die Luft wird mittels des Propellers angesaugt, durch die Heizbatterie geblasen (nach Art eines Luftheizungssystemes) und in den zu entnebelnden Raum geführt, wo die Dämpfe aufgetrocknet, beziehungsweise von der zugeführten, warmen, trockenen Luft gleichsam aufgesaugt werden, weil dieselbe wegen der hohen Temperatur eine außerordentlich geringe relative Feuchtigkeit, respektive ein sehr hohes Sättigungsdefizit besitzt.

Eine am Saugkasten angebrachte Regulierungsvorrichtung ermöglicht es, bei sehr niederen Temperaturen, die Luftzufuhr zu vermindern.

V. Eine weitere bekannte Verwendungsart der Hochdruckventilatoren, welche uns allerdings ferner steht, ist die Verwendung als **Gebläse**; hier bieten die Ventilatoren zahlreiche Vorteile gegenüber den gewöhnlichen Gebläseeinrichtungen. In diesem Sinne werden Ventilatoren benutzt: beim Sandstrahlgebläse (vergl. Seite 143), zum Blasen von Öfen (Kupol-Umschmelzöfen etc.), Herden, Hochöfen, Schmiedefeuern etc. (vergl. auch das spezielle Kapitel über Metallbearbeitung Seite 178 ff.)

B. Die Branchen der Großindustrie, welche besonderer Vorkehrungen gegen die Luftverunreinigung bedürfen (mit besonderer Rücksicht auf ventilatorische Maßnahmen).

Wie der Titel besagt, werden wir diejenigen Industrien im speziellen besprechen, welche besondere Vorschriften und Maßnahmen gegen die Schädigung durch Luftverunreinigung erheischen, während naturgemäß die sehr zahlreichen Gewerbe und Betriebe nicht mehr hier zur Sprache kommen, bezüglich welcher sich der Leser, der das allgemeine Kapitel studierte, in dieser Richtung selbst ein hinreichend deutliches Bild machen kann; es war eben Zweck der allgemeinen Auseinandersetzungen,

die ganze Arbeit wesentlich zu vereinfachen und Wiederholungen zu vermeiden. Durch diese Vereinfachung wird es nunmehr möglich, in große übersichtliche Industriegruppen einzuteilen. Zur Orientierung der Leser ohne technische Vorbildung schalten wir bei Besprechung der komplizierteren Industrien in kleinerer Schrift einen kurz und möglichst einfach gehaltenen Abriß der betreffenden Fabrikationsweise ein. Der Raummangel entschuldige die skizzenhafte Kürze dieser letzterwähnten Darlegungen.

I. Metallurgie, Metallbearbeitung und Verwertung.

1. Quecksilber: Darstellung und Verwendung.
(Vergl. Seite 116.)

Darstellung (Gewinnung, Verhüttung). Die Darstellung des Quecksilbers geschieht im Prinzipe durch Erhitzen des Zinnobers (natürliches Quecksilbersulfid) bei Luftzutritt, wobei sich durch Oxydation des Schwefels Schwefeldioxyd entwickelt, welches mit dem flüchtigwerdenden Quecksilber entweicht; letzteres wird durch Abkühlen kondensiert. Das in der Pfalz üblich gewesene Verfahren der Gewinnung des Quecksilbers durch Erhitzen des Zinnobers mit Zuschlägen (Kalk, Eisenhammerschlag) in Retorten bei unterbrochenem Betriebe, wird wenig geübt, da sich hierbei die Kondensation schwieriger gestaltet. Vorzüglich sind es die Röstmethoden, welche auf ersterem Prinzipe beruhend, bei der Quecksilbergewinnung in Gebrauch stehen; sowohl je nach Art des in Verwendung gelangenden Röstofens, als auch je nach Art der angewendeten Kondensatoren gestalten sich die Durchführungen sehr mannigfach.

Die Schädlichkeit, welche durch die Produktion der schwefligen Säure bedingt wird, tritt bei der Quecksilberverhüttung gegen das Unheil zurück, welches durch das Entweichen der Quecksilberdämpfe hervorgerufen werden kann; die Gefährdung der Gesundheit der Arbeiter und der Adjazenten wächst hier mit den Quecksilberverlusten; es gilt demnach auch hier: je ökonomischer das Verfahren, desto weniger gesundheitsschädlich ist es. Erstlich sei die Zinnoberzersetzung (Röstung), dann seien die Kondensatoren erörtert.

1. Die Stadeln (Haufen), in deren unteren Schichten die Vergasung, in den oberen Schichten hingegen sehr unvollständig die Kondensation vor sich geht, sind nur in Ungarn für quecksilberhaltige Fahlerze in Gebrauch. Aus der quecksilberhaltigen Schichte wird nach Beendigung der Abbrennung das Quecksilber herausgewaschen. Das Verfahren ist billig, jedoch ebenso unökonomisch; der Luftkreis wird dadurch geradezu verpestet, nachdem massenhaft Quecksilber und Schwefeldioxyd entweichen.

2. Bei nicht kontinuierlich arbeitenden Öfen (zum Teile in Idria) sind bei der Unterbrechung des Betriebes größere Quecksilberverluste unvermeidlich. Das Quecksilber wird hier-

bei auf drei Gewölben (nach der Feinheit der Erze gesondert) durch ein darunter angezündetes Feuer geröstet; die Quecksilberdämpfe treten in die rechts und links angeordneten Kammern und schließlich müssen sie noch Türme passieren, in denen über schräge gestellte Platten Wasser herabrieselt.

3. Schachtöfen mit kontinuierlichem Betriebe. Diese Öfen arbeiten mit geringen Quecksilberverlusten; sie sind mit Gichtverschlüssen versehen und oft mit Panzer armiert. Es folgen die wichtigsten Beispiele:

a) Der Pichlersche Ofen in St. Anna in Krain hat doppelten Gichtverschluß mittels zwei Glocken; das Erz fällt, nachdem die erste Glocke geöffnet worden, auf die zweite, welche, um jeden Dampfaustritt zu meiden, erst nach Schließung der ersteren geöffnet wird. (Wie ich erfahre, ist die St. Anna-Hütte nunmehr aufgelassen.)

b) Der Exeliofen in Idria hat eine Gicht mit Wasserverschluß und ist „gepanzert".

c) Der Knoxofen (in Knoxville, Redington) in Amerika hat einen Kugelsegmentverschluß und eine Ausräumöffnung unten; er stellt einen zirka 12 *m* hohen Schachtofen mit inwendig befindlichen sechs gemauerten Bogen dar, in welchem die Beschickung zirka drei Tage verweilt und sehr vollkommen ausgenutzt wird.

4. Die Pateraschen Muffelöfen, welche Verbrennungs- und Destillationsgase separat abführen, sind, wie die Muffelöfen überhaupt, von unserem Standpunkte sehr empfehlenswert.

5. Flammenröstöfen; dieses Röstverfahren arbeitet, wenn auch der Ofen mit Eisenplatten armiert ist, mit großen Verlusten; es stehen Schüttrostöfen und Fortschaufler in Verwendung. Mitunter sind es Öfen mit sehr langer geneigter Sohle, deren Gicht mit Erz gesperrt wird, welches allmählich herabrückt; die Flamme verteilt sich in um die Ofensohle befindliche Kanäle. In diesen Öfen kann im allgemeinen nur Erzklein zugute gebracht werden.

Die Kondensation des Quecksilbers.

Die Kondensation geschieht entweder ohne Anwendung von Wasser durch die natürliche Kühlung oder in mit Wasser gekühlten Apparaten.

Ohne Wasserkühlung arbeitet man mit Kammern oder (Almaden) mit Tonröhren, welche ausgebaucht sind und zu einer langen Leitung in nach Bedarf großer Zahl aneinander lutiert werden (Aludeln); es muß hervorgehoben werden, daß, abgesehen davon, daß das Tonmateriale überhaupt undicht

ist (Haarrisse, Poren), natürlich oft auch das Lutieren viel zu wünschen übrig läßt.

Die mit Wasserkühlung arbeitenden Systeme sind im allgemeinen vorzuziehen, da sie viel vollständiger kondensieren. Es finden sich angewendet: von außen mit Wasser gekühlte Röhren (zickzackförmig oder U-förmig in Wasserkasten tauchend, z. B. in Idria und Annatal), oder es können Kasten oder Kammern (Fiedlers Kondensatoren) von außen mit Wasser berieselt, oder Türme mit Wasserberieselung in Verwendung gezogen werden; mitunter werden mehrere dieser Kondensationsapparate zu einem Systeme vereinigt; oft wächst hierbei der Widerstand so, daß (wie z. B. bei Patera-Öfen) Exhaustion angeschlossen wird — eine für uns wichtige Maßnahme, nachdem durch Herabsetzung des Druckes im Systeme die Gefahr des Entweichens von Gasen aus Undichtigkeiten bedeutend herabgemindert wird.

Als hygienisch besonders bemerkenswert ist bei der Quecksilberdestillation die sogenannte Stuppbildung hervorzuheben. Nicht alles Quecksilber, welches übergeht, sammelt sich nämlich am Boden der Kondensatoren, sondern ein Teil schlägt sich im Gemenge mit Ruß und anderen organischen Kohlenstoffdestillationsprodukten an den Wänden der Kondensationsröhren nieder.[1] Dieser Niederschlag wird nach beendeter Feuerung, welche zirka 16 bis 17 Stunden (bei unterbrochenem Betriebe) dauert, von den Wänden der Kamine und Essen abgekehrt und das regulinische Quecksilber durch Auspressen daraus gewonnen, der Rest wird wiederum in den Ofen zurückgebracht. Nach Baaz,[2] welcher die Gesundheitsverhältnisse der Idrianer Arbeiter einem eingehenden Studium unterzog, ist diese Arbeit am „Stuppe" weitaus die gefährlichste. Nach Heinzerling sollte der Stupp niemals trocken ausgeräumt werden. Bei Baaz finden sich auch einige interessante statistische Angaben[3] über die Sterblichkeit und Erkrankungshäufigkeit der Quecksilberarbeiter: die Gesamtsterblichkeit in Idria (in dem Städtchen und unter der Arbeiterschaft) ist nicht größer als anderwärts; dagegen ist eine sehr hohe Erkrankungshäufigkeit (1100 Promille

---

[1] Der Stupp besteht aus zirka 3% regul. Quecksilber, 41% HgS und $HgSO_4$ und 25% organ. Stoffen und Kohle.

[2] Baaz, „Wien. med. Presse", 1886.

[3] Leider findet sich in der Literatur nur sehr wenig „Statistisches" über diese Verhältnisse wie über die Gesundheitsstörungen durch schädliche Gase überhaupt; auch die sonst genauen österreichischen Krankenkassenstatistiken — so interessant es auch wäre — geben in ihrem Formulare II (Krankheitsursachen) keine genaueren Aufschlüsse.

und Jahr) zu verzeichnen, wovon etwa der zehnte Teil (111 Promille) auf Quecksilberleiden entfällt. Im übrigen verdanken wir Baaz ein außerordentlich genaues praktisches Studium des Verlaufes der gewerblichen Quecksilbervergiftungen; auf die Details in dieser Arbeit sei daher nochmals hingewiesen.

Verwendung des Quecksilbers.

Spiegelbelegerei.[1])

Zum Belegen der Spiegel dient ein verstellbarer Tisch, der rings mit einer Abzugsrinne versehen ist, aus welcher das überschüssige Quecksilber in ein untergesetztes Holz- oder Eisengefäß abrinnt. Auf diesem Tische wird eine Zinnfolie ausgebreitet, auf ihr zunächst etwas Quecksilber verrieben und dann dieselbe mit einer 3 *mm* hohen Quecksilberschicht übergossen. Die von der „Wischerin" gereinigte Glasplatte wird nunmehr daraufgelegt; das überschüssige Quecksilber wird (durch Neigung des Tisches) ablaufen gelassen; das Glas wird dann mit bedeutenden Gewichten beschwert; nach ein bis zwei Tagen wird der Spiegel schräg zum Trocknen aufgestellt, wobei noch einiges Quecksilber abrinnt.

Wenn wir auch nicht mit Schönlank, welcher die Spiegelbelegerei als ein wahres „Martyrium" schildert, vom hygienischen Standpunkte gänzlich den Stab über diese Industrie brechen wollen, so muß dennoch hervorgehoben werden, daß — wie man ja schon aus dem Verfahren schließen kann — die Arbeit, besonders wenn sie — wie hie und da geschieht (in Fürth) — als Heimarbeit betrieben wird, eine äußerst gefährliche sein muß; für die bestehende bedeutende Gefahr zeugen auch die statistischen Belege, deren ich hier eine größere Zahl auffinden konnte. Man kann sich einen ungefähren Begriff von den Gefahren für die Arbeiter bilden, wenn man Renks experimentelle Arbeit über die Quecksilberinhalation auf die praktischen Verhältnisse in der Spiegelbelegerei überträgt; es resultiert, daß der Arbeiter an Quecksilberdampf mindestens $4^1/_2$ *mg* und mit dem eingeatmeten Staube noch weitere zirka 2 *mg* täglich in sich aufnimmt. Es sind denn auch faktisch nach Wittzacks und Wollners übereinstimmenden Angaben alle

---

1) Spezielle Literatur:

Wollner, Spiegelbelegen in Fürth, Vierteljschr. f. öffentl. Gesundheitspflege. XIX, S. 421 ff.

Wittzack, Ges. poliz. Maßreg. geg. Quecks.-Vergiftg., ibidem XXVIII, S. 612 ff.

Schönlank, Die Fürther Spiegelbeleger etc., 1888 (Monogr.).

Wollner, Über die Fürther Industrie und ihre Schattenseiten, Verh. d. Vers. (65). d. Gesellsch d. Naturforscher und Ärzte, II. Teil, 2. Hälfte.

Renk, Unters. über Verstauben u. Verdampf. v. Quecks. mit bes. Ber. d. Spiegelbelegen. A. a. d. kais. G. A., V. Bd., 1. Heft, 1889.

Oppler, Fabrikation d. Quecksilberspiegel; Ber. üb. die D. allg. Ausstellg. f. Unf.-Verhtg., II, 2. Hälfte. S. 182, Berlin 1891.

Meyer, Friedrichs Monatsh. 1884.

Belegarbeiter quecksilberkrank; nach den in Fürth gesammelten Erfahrungen dieser Autoren erkrankten von den Quecksilberarbeitern jährlich mindestens 60% an Quecksilberleiden (1885, Krankenkassenstatistik). Diese Ziffern sind erschreckend und doch nach den allgemeinen Angaben eher zu niedrig als zu hoch gegriffen. (Vergl. auch Mayer, Friedr. Monatshefte 1884.) Wir verweisen hier insbesondere auf die in Wollners Abhandlung sich vorfindenden Angaben über das Quecksilberzittern und die Quecksilberpsychosen (Geisteserkrankungen) — es sind dies furchtbare, drastische Belege, für die verheerende Wirkung des Quecksilbers; zugleich schildern die Arbeiten von Wittzack und Renk trefflich die in den Belegen herrschenden sozialen Verhältnisse. In Popper (Gew.-Hyg.) finden sich ähnliche Angaben: nach 14 Tagen bekommen die Spiegelbeleger bereits eine Entzündung der Mundschleimhaut (der älteste Arbeiter, den Keller sah, hatte nur 11 Zähne und war 38 Jahre alt). Von den „spezifischen" prophylaktischen Mitteln (Ammoniakentwicklung, vorgeschlagen von Mayer in Chauny) ist nicht viel zu erwarten und es blieb daher nichts anderes übrig, als gesetzgeberisch einzugreifen und die allgemeinen Maßnahmen gegen Gase und Dämpfe in besonderer Fassung für die Quecksilberbelegen zu normieren; der Erfolg war ein eklatanter: in den Quecksilberbelegen sank die Zahl der „Quecksilberkrankheits"tage enorm herab; diese Industrie war aber auch finanziell derart untergraben, daß sie seither immer mehr der Silberspiegelerzeugung (mittels ammon. Silbernitratlösung in der Wärme) weichen muß, und dieses Verfahren scheint in hygienischer Hinsicht ziemlich harmlos. Von jenen einschneidenden legislativen Schritten, welche Hunderte ja Tausende von Epigonen vor Elend und Tod im Elend bewahrten, sei die Bekanntmachung des königl. bayr. Ministers des Innern vom 30. Juli 1889 und der Erlaß des preußischen Handelsministeriums vom 18. Mai 1889 hervorgehoben. Die Anordnungen betreffen präzise Vorschriften über den Luftkubus, Ventilation, Absaugung, Temperatur, Beschaffenheit des Fußbodens, Reinigung, Reinlichkeit, Abtrennung der Wohn- und Speiseräume vom Arbeitslokale, Aufbewahrung des Quecksilbers, Krankenbuch, Arbeitskleidung und der allgemeinen Maßnahmen mehr.

Ebenso nutzlos wie die Ammoniakentwicklung zum Schutze gegen Quecksilberdampf erscheint das Verstreuen von Schwefelblumen (Pappenheim) und geradezu absurd ist die Anwendung von Jodkali (Schrötter), auch die Anwendung von Chlor in irgend welcher Form (Mergel) entgiftet den Quecksilberdampf nicht.

Erzeugung der Glühlampen.[1])

Hier droht die Gefahr der Quecksilbervergiftung durch Zerbrechen der Glasröhren bei den Quecksilberluftpumpen und Verstreuen des Quecksilbers am Boden der Arbeitsräume.

Donáth beschreibt 12 Fälle chronischer Quecksilbervergiftung, welche in einer Pester Glühlichtfabrik vorgekommen sind, Wittzack hebt die Möglichkeit hervor, die immerhin gefährlichen Quecksilberluftpumpen durch andere Luftpumpen zu ersetzen. Das Berliner Polizeipräsidium erließ am 22. November 1888 eine Verordnung, welche die allgemeinen Maßnahmen für diesen speziellen Fall in Anwendung bringt (ärztliche Kontrolle, Arbeitskleid, Wascheinrichtungen etc.).

Übrige Verwendungsarten des Quecksilbers.

Beim Feuervergolden, bei welchem die zu vergoldenden Gegenstände nach dem Beizen mit dem Amalgam bestrichen werden, worauf das Quecksilber mittels Erhitzen vertrieben wird, muß außer den allgemeinen Schutzmaßnahmen bei der Manipulation mit Quecksilber auch gefordert werden, daß das Erhitzen der amalgamierten Gegenstände in einem geschlossenen, gut ziehenden Ofen mit Abzug (nicht offenes Koaksfeuer!) geschehe.

Für die Barometer-, Thermometermacher etc. dürften die allgemeinen Schutzvorrichtungen genügen.

Bei der Hasenhaarschneiderei wird das Quecksilber zum Beizen verwendet und wird auf Ersatz dieses Mittels durch ein minder gefährliches zu sinnen sein; eine gehörige Entstaubung (durch Exhaustion), die so wie so bei diesen Betrieben verlangt werden muß, wird auch die Gefahr der Quecksilbervergiftung herabmindern.

2. Die Zinkverhüttung[2]) und Gelbgießerei.

Da die belgische (Destillation in Rohren) und englische Methode (bei der Hafen verwendet werden) kaum in Betracht (wenigstens nicht für Deutschland und

---

1) Spezielle Literatur:

Wittzack, Vierteljschr. f. öff. Gesundheitspfl., Bd. 28, S. 630.

Donáth, Zeitschr. d. Zentr.-St. f. Arb.-W.-Einr., 1895, II, S. 21 und Budapester Kongreß 1896.

2) Spezielle Literatur:

Ältere: Popoff, Berl. klin. Wochenschrift, 1873. — Schlokow, D. med. Wochenschrift, 1879, Bd. 5, 208.

Neuere: Tracinsky, Die Zinkindustrie in Ober-Schlesien etc. D. Vierteljschr. f. öff. Gesundheitspfl., Bd. 29, S. 60. — Seiffert, Erkrankungen der Zinkhüttenarbeiter etc. D. Vierteljschr. f. öff. Gesundheitspfl., Bd. 29, S. 450.

Messingindustrie, Simon, Brit. med. journ., 1888, S. 887.

Österreich) kommen, wenden wir uns der hauptsächlich gebräuchlichen „schlesischen Methode" zu, bei welcher Muffeln als Vergaser in Anwendung stehen. Das Rohprodukt für die Zinkdarstellung ist das Galmei und die Blende (erstere Karbonat, letztere Sulfid). Da es zweckmäßig ist, möglichst reine Oxyde zur Verhüttung zu bringen, werden die Erze einem vorbereitenden Prozesse unterworfen, und zwar wird das Galmei kalziniert, um die Kohlensäure zu vertreiben ($ZnCO_3 = ZnO + CO_2$), während die Blende geröstet wird, wobei Schwefeldioxyd entsteht und entweicht ($ZnS + O_3 = ZnO + SO_2$). Das Oxyd wird dann (so in Aachen, Ober-Schlesien, Stollberg-Rhenania) in bis 2 m langen, 1/2 m hohen und 1/4 m breiten tönernen (meist nicht glasierten) Muffeln mit zirka dem halben Gewichte Reduktionskohle bis zur Vergasung erhitzt; in neuerer Zeit wird die Rostfeuerung der Muffel überall durch Gasfeuerung nach Siemens und Boëtius ersetzt (für einen Ofen zwei Generatoren). Das in der Muffel flüchtig gewordene Zink sammelt sich teils flüssig in der Vorlage, teils als „poussière" im „Ballon", welcher auf die Vorlage lutiert wird.

Das Kalzinieren des Galmeis bringt nahezu keine Schädlichkeiten für die Gesundheit mit sich; überdies wird die Ausbeute an diesem Erz stets geringer. Ein wichtiges schädliches Moment dagegen involviert die Schwefligsäureentwicklung beim vorbereitenden Rösten in sich; wie kolossale Mengen schwefliger Säure in einer Blendröstanstalt erzeugt werden, erhellt aus der Angabe, daß bei der Verarbeitung von 100.000 Zentnern jährlich — was keine selten große Quantität für eine Anstalt ist — 60.000 Zentner SO_2 entstehen. Nachdem ja die schweflige Säure ein wertvolles Produkt ist, wird man sie sich schon aus diesem Grunde nicht entrinnen lassen; das Schwefeldioxyd kann vorteilhaft der Schwefelsäurefabrikation zugeführt werden (Bleikammerverfahren[1]); Bedingung ist hierbei eine genügende Konzentration, d. h. ein genügend hoher Gehalt an schwefliger Säure; hierzu bedarf es besonderer Ofenkonstruktionen, bei welchen die Ofengase nicht durch die Feuergase verdünnt werden. Dementsprechend konstruierten Eichhorn-Liebig einen Ofen, welcher aus einer größeren Anzahl vollkommen getrennter, mehrsohliger Röstkammern besteht, welche durch die einem Generator entnommenen Feuergase mittels den Ofen durchstreichender, langgestreckter Züge von außen beheizt werden. Ferner stehen mit Vorteil zwecks Erzeugung konzentrierter schwefligsaurer Gase Muffelöfen in Gebrauch (Hasenclever und Helbig). Die Rhenania in Stollberg verwendet Öfen, bestehend aus einer Reihe übereinander liegender Muffeln, welche von Feuerungsgasen umspült werden. Die indirekte Hitze genügt auch hier zur vollständigen Abröstung der Blende (Fischer). Hervorzuheben ist auch der Röstofen der Vielle Montagne mit mechanischer Schürung und Weiterbeförderung. Konzentrierte schwefligsaure Gase können auch nach dem Haenisch-

[1]) Vergl. auch S. 159 und später Schwefelsäurefabrikation.

Schroeder-Verfahren auf flüssiges Schwefeldioxyd verarbeitet werden. Für keinen Fall darf natürlich die Schwefligsäure ins Freie gelassen werden, und werden Röstanlagen — falls keine andere Verwendung für das SO_2 da — nur konzessioniert werden, wenn für Absorption der Röstgase gesorgt ist; in Verwendung stehen Chamotte- oder Plattentürme (Lunge), in welchen Kalkmilch kaskadenartig niedertropft; der entstehende Niederschlag (saurer schwefligsaurer und schwefelsaurer Kalk) wird in Bassins abgeklärt. Nach Bernouilli soll diese Methode vollkommen absorbieren. Goodefeld in Manchester wendet besondere Zerstäubevorrichtungen für Kalkmilchabsorption an; statt der Türme können auch Absorptionskammern, mit Kalk und Dolomit (nach Precht auch Magnesia, Tonerde, nach Schnabel sogar mit Zinkoxyd) gefüllt, gebraucht werden. Die bloße Wasserberieselung ist ungenügend; wenn die Gase dagegen (z. B. mittels eines Dampfstrahlgebläses) fein zerstäubt werden, dann genügt auch dieses Einpressen in Wasser. Außer der Röstung und ihren Gasen sind es vor allem die Dämpfe, die bei der Zinkdestillation selbst auftreten, welche dem Zinkhüttenmanne gefährlich werden; diese Dämpfe enthalten auch dem Zink fremde Metalle, wenn auch in geringerer Menge; diese fremden Beimengungen entweichen — weil bei geringerer Temperatur destillierend — früher, ehe Zink überhaupt noch übergeht; es sind dies Kadmium-, Blei-, Arsen-, Antimon- und Schwefelverbindungen (in Dampfform); erst wenn die Hitze genügend ist, um Zinkoxyd zu reduzieren (vermittels des *CO*, das aus der Zuschlagskohle entsteht), beginnt auch Zinkdampf überzugehen, welcher anfänglich durch den vorhandenen Sauerstoff wenigstens teilweise zu Zinkoxyd reduziert wird, das durch den übrigen Gasstrom in Staubform weitergeführt wird. Erst später sammelt sich flüssiges Zink in der geneigten Vorlage an, um von da abgestochen und in Formen gegossen zu werden. Die ersterwähnten Gase jedoch samt dem mitgerissenen Zinkoxyd würden entrinnen (die erhitzte Vorlage passierend), wenn nicht auf die Vorlage noch ein Ballon lutiert wäre, in welchem sich diese Dämpfe als „poussière" niederschlagen. Die Frage der Beseitigung der Gefahr, welche durch die Emanation der Zinkdestillation herbeigeführt wird, wäre leicht gelöst, wenn es möglich wäre, die Kondensationsgefäße abzudichten (etwa Wasserverschlüsse anzubringen etc.); doch eine solche Abdichtung ist unmöglich, weil dadurch mit steigendem Drucke die Destillation gehemmt würde und überdies durch Haarrisse des Systemes (besonders der Muffel) dennoch die Dämpfe sich einen Weg bahnen würden; es muß im Gegenteil behufs Hebung, respektive Regulierung

und Aufrechterhaltung des Fortganges der Destillation daran gedacht werden, einen Exhaustor in das System einzuschalten, der den Destillationsprozeß fördert.

Um dessenungeachtet bei raschem Fortgang der Destillation nicht noch metallhaltige Gase zu verlieren, ging man daran, durch Modifikationen an Vorlage und Ballon die Kondensation der Dämpfe zu vervollständigen; diesen Bestrebungen liegt hauptsächlich der leitende Gedanke zugrunde, den Weg der kondensablen Gase zu verlängern. Ohne uns auf technische Details einzulassen, beschränken wir uns auf die Aufzählung der wichtigsten bezüglichen Vorschläge. 1. Modifikation der Vorlage: nach Kleemann (Kombination mit Exhaustion in der eben beschriebenen Art und Weise, Flugstaubkammern und Türmen mit Wasserregen), nach Dagner dreiteilige Vorlage. 2. Modifikation des Ballons: Einlegen des Martullischen Rohres (wodurch der Weg der Dämpfe etwa verdoppelt wird); Doppelballon nach Recha, Kühlung durch Wasser (Wolfram).

Wichtig ist ferner, daß den beim Ausräumen der Rückstände, welche in der Muffel nach beendeter Destillation verblieben sind, auftretenden Dämpfen ein Abzug geschaffen sein muß, da die ausräumenden Arbeiter sonst gefahrdrohend belästigt werden; dies geschieht am besten dadurch, daß im Gewölbe der sogenannten „Vorkapelle" ein Abzugschlitz angebracht wird, aus welchem die Dämpfe durch einen Kanal in die Esse ziehen, falls man es nicht vorzieht, auch hier die Kraft eines Exhaustors den Abzug besorgen zu lassen. Überdies sollte das Gekrätze stets sofort auf bereitstehende Schienenwagen fallen, um (eventuell in eigenen unterirdischen Kanälen wie es Tracinski verlangt) schnellstens auf die Halde gefahren zu werden. Auch diese Schienenwagen (Lowren) können vorteilhaft so eingerichtet werden, daß sie zunächst mit der noch dampfenden Beschickung unter einen dicht anschließenden Abzug zu stehen kommen (eine ähnliche Anordnung wurde bei meinem Besuche der Braubacher Hütte sehr gelobt).

Daß die Arbeit auf der Hütte eine äußerst gesundheitsschädliche Beschäftigung sei, darin stimmen die Ansichten der Autoren überein, zumal ja das Hauptkontingent dieser Hüttenarbeiter dem „Hüttensiechtum" (Blutarmut, Verdauungs-, Ernährungsstörung, Abmagerung, Schrumpfniere, kombiniert mit Erkrankung der Atmungsorgane) früher oder später anheimfällt. Welcher Art diese Schädigung jedoch ist, hierüber ist man durchaus nicht vollkommen einig. Während ursprünglich das Zink als völlig harmlos hingestellt wurde, zumal da das Zinkfieber (brass founders ague der Gelbgießer) bei den

Hüttenarbeitern nicht vorkommt, glaubte Schlockow „ein eigenartiges Rückenmarksleiden" bei den Zinkhüttenarbeitern gefunden zu haben (1879); Tracinski spricht jedoch (1888) seine Meinung entschieden dahin aus, daß es sich hier um Bleilähmung handelt, bewirkt durch die oben erwähnten mit übergehenden Bleidämpfe. Seiffert tritt (wiederum zehn Jahre später 1897) mit einer umfassenden Publikation über diesen Gegenstand vor; auch dieser Autor bezweifelt nicht, daß es sich vielfach bei den Erkrankungen der Zinkhüttenarbeiter um schleichende Bleivergiftung handelt; er glaubt jedoch, daß man der massenhaften Produktion des Zinkes beim Entweichen auch einen schädlichen Einfluß zuerkennen müsse; er stützt diese seine Behauptung auf den schwerwiegenden Umstand, daß es ihm gelungen ist, unter den Substanzen, aus denen der schwarze Saum am Zahnfleische der Hüttenarbeiter besteht, neben Blei auch Zink nachzuweisen; desgleichen fand sich in Urinproben bei diesen Arbeitern auch Zink. Die Akten über diesen Gegenstand sind demnach noch nicht geschlossen.

Seiffert bringt in seiner Arbeit auch einige interessante statistische Angaben: so war unter 65 von ihm gesammelten Fällen von Invalidisierung der Zinkhüttenarbeiter 61mal ausgesprochenes Hüttensiechtum die Ursache zu dieser Invalidisierung, viermal war dieser Einfluß zwar mitbestimmend, doch nicht die Hauptveranlassung.

Gelbgießerei.

Die Fabrikation des Messings geschah früher durch Zusammenschmelzen von Galmai, Kohle und Schwarzkupfer, jetzt geschieht sie allgemein durch Zusammenschmelzen von metallischem Zink mit Garkupfer (Fischer).

Beim Eingießen der Schmelze in Formen erfüllen dichte Rauchwolken den Arbeitsraum. Dieser Rauch verwandelt sich bald in Flocken (Zinkoxyd). Bei den mit dem Gusse beschäftigten Arbeitern tritt eine eigentümliche fieberhafte Erkrankung auf, die wir bereits auf Seite 117 beschrieben haben, und welche zuerst von Thakrah (1830) und Greenow beobachtet und Gießerfieber (brass founders ague) genannt wurde. Die eigentlichen Ursachen dieses Leidens sind noch unaufgeklärt; während Bischoff versucht hat, diese eigentümliche Erkrankungsform auf Diätfehler und schlechte Ernährung zurückzuführen, und einige französische Autoren (Chevalier) sogar den Arsengehalt (?) des Gusses beschuldigten, erscheint es nunmehr erwiesen (Hirt, Naunyn, Eulenberg, Heinzerling), daß es sich um eine Metallvergiftung handelt. Wenn man bedenkt, daß das reine Zink keine derartigen Vergiftungserscheinungen her-

vorruft, so neigt man dazu hin, anzunehmen, daß es die Kupferdämpfe sind, welche diese Schädigung hervorrufen, oder daß es sich wenigstens um eine kombinierte Kupferzinkwirkung handle; hier gibt es Material genug zum weiteren Studium.

Fest steht, daß man durch genügende Ventilation und Abzug der Dämpfe die Arbeiter vollkommen schützen kann, womit die erwähnte Ansicht von der „schlechten Ernährung", und auch die weitere Anschauung, es könne sich hier um Erkältungserscheinungen handeln, hinfällig werden.

3. Bleigewinnung[1]) und Verwendung des Bleies (Bleiverbindungen).

Die Bleigewinnung erfolgt allgemein nach drei Methoden: 1. Niederschlagsarbeit[2]): Bleiglanz wird mit Eisen erhitzt; das Eisen vereint sich mit dem Schwefel zu Schwefeleisen und Blei wird im metallischen Zustande abgeschieden. 2. Röstschmelz- (Reaktions-) Prozeß[3]): Bleiglanz wird zunächst geröstet, so daß er zum Teil zu Bleioxyd und Bleisulfat wird. Nun wird bei gesteigerter Ofentemperatur auf Kosten des Sauerstoffes der eben erwähnten Bleiverbindungen der noch vorhandene Schwefel in Schwefeldioxyd verwandelt, so daß Metallblei entsteht. 3. „Röstreduktionsprozeß" (für alle Bleierze verwendbar): Schwefel, Arsen und Antimon werden zunächst durch vollständiges Abrösten möglichst vollkommen entfernt. Das verbleibende Gemenge von Bleioxyd und Sulfat wird dann im Schachtofen (mit geeigneten Zuschlägen) reduziert.

Der Flammofenprozeß beruht auf dem erwähnten „Reaktionsprozeß"; im Flammofen wird zuerst geröstet und dann bei gesteigerter Hitze reduziert, dann der Prozeß mit dem noch unzersetzten Bleiglanze wiederholt. Die Feuerungsgase streichen über den „Sumpf" des Ofens hinweg, welch ersterer oben eine Öffnung zum Chargegeben und seitlich mehrere Umkrücköffnungen hat. — Außer den Flammöfen stehen Schachtöfen, in Nordamerika Hochöfen mit Wassermantel (water jackets) in Verwendung.

In den Röst- und Schmelzbetrieben entwickeln sich, so nicht Vorkehrungen getroffen sind, bedeutende Mengen von Bleidampf. Nach Hirts Angaben erkrankten von 2000 in den Freiberger Hütten beschäftigten Arbeitern 1743 (= 87%) vom Jahre 1862—1872 an Bleileiden; wenn nicht für genügenden Schutz gegen die aus den Öfen abziehenden Dämpfe, die sich teilweise zu Flugstaub (welcher neben Blei auch Arsen, Antimon etc. enthält) kondensieren, gesorgt wird, kommt es zu bedeutenden Schädigungen der Arbeiterschaft und Umgebung;

---

1) Literatur (spezielle Aufsätze):
Über Bleikrankheiten am Ober-Harz (M. Jakob, Göttingen 1886).
Oppermann, Bleivergiftungen, Zeitschr. der Zentralstelle für Arbeiter-Wohlf. 1897.
Wegener, Bleivergiftungen, Vierteljahrschr. f. öff. Gesundheitspfl. 1896, S. 483.
Leyendecker, Abhandlg. über d. Wirkg. v. Blei etc., Köln 1883.

2) Eignet sich nur für Bleierze mit geringem Schwefelgehalte.

3) Nur für kieselarme Bleierze

überdies entrinnt der Industrie ein bedeutender Gewinn, denn nach Berechnungen der Emser Hütte wurde innerhalb eines Jahres aus den Flugstaubkammern dieses Betriebes bleihaltige Masse im Werte von 92.000 Mark entleert (Bersch).

Es ist klar, daß nach obiger Beschreibung des Flammenofens (zahlreiche Öffnungen) der Schachtofen entschieden vom hygienischen Standpunkte vorzuziehen sein wird, nachdem sich der Schachtofen leichter abschließen läßt (Gichtverschlüsse nach Schlink etc., wie schon besprochen). Durch Überwachung und zweckmäßige Regelung des Ofenganges (vermeiden der „hellen Gicht") läßt sich der Verlust an flüchtigen Produkten bedeutend herabsetzen. Außer den allgemeinen Maßnahmen, welche bei der Bleiarbeit besonders streng gehandhabt werden müssen, ist es insbesondere 1. der Röstprozeß, welcher besonderer Vorkehrungen in derselben Richtung wie bei den übrigen Metallen (siehe Zink, Quecksilber und allgemeiner Teil!) bedarf; hier wird überdies das Rösten arsen- und antimonhältiger Erze doppelt gefährlich (Verbot von Haufen und Stadeln, Kondensation, Absorptionstürme, Verwendung von Röstmuffeln, Verwertung der SO_2). 2. Eine weitere Gefahr liegt in der Produktion von flüchtigen Bestandteilen (bei sämtlichen Bleigewinnungsmethoden), welche (im kondensierten Zustande) unter dem Namen „Flugstaub" bekannt sind. Die möglichst ausgiebige Kondensation dieser flüchtigen Produkte ist anzustreben. Die Zusammensetzung ist etwa folgende: 65% Blei, 4% Zink, 6% Schwefel, bis 8% Kohle, bis 0·4%, Antimon, bis 0·2% Arsen, überdies Eisen, Tonerde, Kalk; der Absatz des Flugstaubes ist abhängig von der Temperatur der Gase und der Größe der Wandflächen; die in den Rauchkanälen sich ablagernden Metallmengen stehen im gleichen Verhältnisse mit der Quadratfläche der Wandungen; man muß demnach den entweichenden Gasen eine möglichste Kühlung angedeihen lassen und eine recht große Oberfläche darbieten; dies wird durch die verschiedenartigsten Methoden erreicht; es folgen die wichtigsten im speziellen: Die Heureka Comp. in Nevada bringt einen einfachen langen Kanal in Anwendung, in welchen Platten eingehängt werden und welcher am Boden Ausputzöffnungen besitzt und mit einem Schornstein endigt. Ein ähnlicher Kanal findet sich in Ems; hier wird die Flächenvergrößerung dadurch bewerkstelligt, daß die Bodenfläche nicht eben ist, sondern aus winkelig gegeneinanderstehenden Platten besteht (der Querschnitt des Bodens stellt demnach eine Zickzacklinie dar). Wenn Kammern zur Anwendung kommen, so müssen in dieselben auch Scheidewände eingehängt werden. Für die meisten (ins-

besondere die „feuchten") Methoden muß (nach Heinzerling) besonders hervorgehoben werden, daß mit zunehmender Kondensation der Zug abnimmt und umgekehrt zu guter Zug die Kondensation beeinträchtigt; darum kann man nicht berieselte Kokstürme, Regenkammern, berieselte Roste etc. in beliebiger Zahl und Folge anbringen, sondern muß das Ganze zu einem zweckmäßig einheitlich verbundenen Systeme gestaltet werden, dessen Funktion eventuell wiederum durch Exhaustion gesichert, respektive reguliert wird. Als sinnig zu erwähnen ist eine Einrichtung in Stockton (Utah), wo die Dämpfe einen sich drehenden (innen mit Schraubengang versehenen) Zylinder passieren müssen, welcher zum Teil mit Wasser gefüllt ist; wo anders gibt es sinnreich ausgedachte Systeme von U-Röhren mit Exhaustion oder Pulsion und andere mehr. Nachgewiesen ist, daß durch zweckmäßig angeordnete Flugstaubverdichtung der Dampfverlust etwa um die Hälfte herabgemindert werden kann.

Verwendung des Bleies; Bleiguß.[1])

Nach den übereinstimmenden Ansichten der Autoren (Heinzerling, Sommerfeld u. a.) entstehen beim Bleiguß wenig Dämpfe; im allgemeinen erreicht die hierbei aufgewendete Temperatur nicht die zum Verdampfen des Bleies nötige Höhe (so beim Schmelzen des Blockbleies, Bleiweißfabrikation, Schmelzen der Akkumulatorplatten, Fertigstellen der Bleikammern, Emaillieren, Leternguß etc.); überdies wird beim Gießen von Bleigegenständen das geschmolzene Blei mit geschmolzenem Fette überdeckt; beim Schmelzen und Gießen des Bleies kommen daher Bleiintoxikationen (schleichende Bleivergiftungen) seltener vor sofern beim betreffenden Gewerbe nicht Bleistaub entsteht. Vollendetes wird durch die bereits oben erwähnten Gießmaschinen, welche ventiliert werden können, geleistet.

Bleiweißfabrikation (vergl. auch Seite 101, 117, 141).

Bleiweiß wird nach vier Methoden dargestellt: 1. Deutsches Verfahren: Dachförmig gebogene Bleiplatten werden auf Holzgerüsten in den sogenannten Bleiweißkammern aufgehängt, welch letztere abgedichtet werden. Dann werden essigsaure Dämpfe und durch Verbrennen von Koks erzeugte Kohlensäure gleichzeitig in die Kammern eingeleitet. Die Essigsäure erzeugt Bleiazetat und die Kohlensäure zersetzt dieses zu basischem Bleikarbonat und freier Essigsäure. Die Kammer wird nach

---

1) Bleiweißfabrik in Kiyoto, Attkinson, Journal of the soc. chem. ind. 1886, S. 312.

Bleiweißfabrik in Lille Revue d'hygiène, VIII, S. 809.

Wutzdorf, Akkumulatorfabrik, A. a. d. kais. G. A., Bd. 15, S. 154.

acht bis zehn Wochen „reif". — 2. Beim holländischen Verfahren werden spiralförmig gewundene Bleibleche in irdene Töpfe gebracht; die letzteren, an deren Boden sich mit Hefe versetzter Essig befindet, werden in Düngerhaufen eingegraben. Im Düngerhaufen entwickelt sich Kohlensäure; die Essigdämpfe erzeugen unter Mitwirkung des atmosphärischen Sauerstoffes zunächst basisches Bleiazetat, welches durch die Kohlensäure dann in Bleiweiß und neutrales Bleiazetat umgesetzt wird. — 3. Nach dem französischen Verfahren wird aus Bleiglätte und Essig Bleiessig dargestellt und die so gewonnene Flüssigkeit dann mit Kohlensäure behandelt. — 4. Beim englischen Verfahren wirkt Kohlensäure auf eine Aufschwemmung von Bleiglätte in gelöstem Bleiazetat in besonderen rotierenden Apparaten ein. — Mehrere neuere Verfahren sind in Vorschlag gebracht worden, das Gros der Industrie arbeitet jedoch nach den angegebenen Methoden.

Außerordentlich gefährlich ist das Ausräumen der Bleiweißkammern bei dem für deutsche Verhältnisse wichtigsten deutschen Verfahren. Dieses Ausräumen bleibt der wunde Punkt der ganzen Fabrikation; hier muß der Arbeiter unmittelbar in den mit Bleiweiß angefüllten Raum hinein und muß darinnen respirieren. Das Einsteigen in vollkommen „reife" Kammern ist ungefährlicher als das Ausräumen von Kammern, in denen sich der Prozeß noch nicht ganz vollzogen hat, in welchen noch nicht alles Bleiweiß am Boden liegt, sondern teilweise den Bleiplattenresten anhaftend, in der Höhe hängt" (Heinzerling). In solchen Fällen hilft nur das Entfernen des Bleiweißes mittels eines Wasserstrahles. Leyendecker (Köln) entfernt in geistreicher und praktischer Weise den erwähnten, den Plattenresten anhaftenden Bleiweißstaub durch eine kräftige Exhaustoranlage; der wertvolle Staub wird dann gesammelt. Die in der Kammer arbeitenden Ausräumer sollen nicht bloß mit Respiratoren, sondern mit förmlichen, den ganzen Körper umschließenden Taucheranzügen samt Taucherhelm versehen sein. Der Gang, durch welchen das Bleiweiß von der Kammer weitergeführt wird, soll sehr gut (womöglich mit Exhaustion) ventiliert sein.

Das Schlämmen erfolgt in Schlämmbottichen (Düsseldorf) oder Schlämmtrommeln (Leyendecker, Köln). Dieser minder gefährlichen Prozedur folgt das Mahlen und Trocknen des Bleiweißes. Das Mahlen zählt zu den gefährlichen Vorgängen, insbesondere, wenn trocken gemahlen wird. Um diese Gefahr zu beheben wurden wohl verschlossene Konstruktionen von Bleiweißstampfen erdacht, welche zugleich ventiliert werden.

Derartige Apparate finden sich in der Fabrik der Kaiser Ferdinands Nordbahn vor, ferner sind solche im „Amtlichen Bericht der mit der Beaufsichtigung der Fabriken betrauten Beamten" (1879), Seite 234, des weiteren durch Neuerburg (Dingler 229, Band 33) beschrieben worden (Heinzerling). Kugelmühlen (vergl. Fig. 31) und Desintegratoren leisten

noch besseres. Mit Desintegrator arbeitet die durch ihre vorzüglichen Einrichtungen rühmlichst bekannte Firma Leyendecker in Köln. Der Apparat ist in Albrechts Gewerbehygiene von Sprenger, Seite 874 genau beschrieben. An der Aufgabestelle der Einwurfschnecken, sowie auf die bei den vier Türen angebrachten Staubfänge wirken kräftige Exhaustoren ein.

Letztere saugen in der Minute 300 m^3 Luft an. In der Düsseldorfer Bleiweißfabrik (Müller) wird wiederholt feucht gemahlen und immer wieder von neuem geschlämmt, um auch die feinsten Partikelchen metallischen Bleies zu entfernen, welche hierauf in die der Bleiweißfabrik angeschlossene Miniumfabrik wandern.

Die gereinigten Bleiweißstücke werden dann zum Trocknen mehreren Tunnelofen mit direkter Beheizung überantwortet. Das Bleiweiß bleibt hierbei auf dem Schienenwagen und ist das Ein- und Ausräumen vermieden, das bei Anwendung von Trockenkammern mit Hürden sehr bedenklich war. Der Tunnelofen braucht eben gar nicht betreten zu werden, da die beladenen Lowren nacheinander bei einer Tunnelöffnung hinein und bei der anderen wieder herausgezogen werden.

Diese Einrichtung dünkt mir praktischer und einfacher als die oft komplizierten für Bleiweißbereitung konstruierten Trockenapparate. Ein interessanter derartiger Apparat findet sich in Dinglers polytechnischem Journale Bd. 224, Seite 293 beschrieben (konstruiert von Büssing).

In Düsseldorf bei Müller wird das Bleiweiß dann in dreifacher Form in Vertrieb gebracht. 1. Als Stückbleiweiß, 2. als Staubbleiweiß und 3. als Ölbleiweiß.

Bei der Verpackung des Stück- und Staubbleiweißes bedarf es der staubfreien Füllapparate, welche bei Müller[1]) in vortrefflicher Weise arrangiert sind und tadellos funktionieren. Das zu füllende, bereits mit Packpapier adjustierte Faß wird auf einen Tisch gestellt, welcher im Momente wie das Packen beginnt, maschinell gehoben wird und dadurch zunächst den Boden des Faßes an die Einfüllöffnung des Zylinders drückt, aus welchem das Materiale herkommt und dessen Volumen dem Faßinneren entspricht. In diesem Zylinder arbeitet ein Stempel, welcher das Bleiweiß fest in das Faß hineindrückt, welches letztere dadurch selbst samt dem Tische nach unten gedrückt und bis an den Rand hinan fest gefüllt wird. Etwas Staub gibt es in dem Moment, wo das Faß vom Apparate ab-

[1]) Eine ausführliche Erwähnung der Einrichtung der Müllerschen Fabrik findet sich bereits auf S. 141; für das liebenswürdige Entgegenkommen bei meinem Besuche dieses Etablissements danke ich dem Chef an dieser Stelle.

gehoben wird. Um diesen Staub jedoch unschädlich zu machen, wird in diesem Augenblicke von oben her vorhangförmig über den ganzen Apparat ein dichter Sack fallen gelassen, auf dessen Inneres ein Exhaustor einwirkt, wodurch der Staub entfernt wird.

Ähnliche wohl funktionierende Packvorrichtungen finden sich in der Klagenfurter Bleiweißfabrik. Sehr gut sind auch die von Leyendecker in Köln eingeführten ventilierten Packmaschinen, welche der Leser in Weyls Handbuch der Hygiene, VIII. Band, Seite 727 ausführlich beschrieben findet.

Die Mennigedarstellung bedarf gleichfalls besonderer Vorkehrungen gegen die Luftverunreinigung.

Wie oben erwähnt, werden die metallischen Bleiabfälle der Bleiweißfabrik rationellerweise zu Mennige weiter verarbeitet, indem das Blei zunächst durch Erhitzen bei Luftzutritt oxydiert wird (in Kalzinieröfen) und das Bleioxyd dann noch höher oxydiert wird (zu Superoxyd). Die Anwendung von Muffelöfen bei der Mennigedarstellung ist von unserem Standpunkte empfehlenswert. Die Aufgabestelle des Ofens muß (wie bei Müller in Düsseldorf) mit einem Abzugstrichter versehen sein, der mittels künstlicher Exhaustion staubabsaugend wirkt. Das Weitertransportieren, Sieben und Mahlen des gekühlten Gutes muß mechanisch unter Anwendung analoger Kautelen (Abschließen und Anwendung von Exhaustion) wie bei der Bleiweißfabrikation geschehen.

Akkumulatorfabriken.

Um die für diese Industrie wichtigen speziellen Vorsichtsmaßregeln in Kürze hervorzuheben, zitiere ich auszugsweise die für uns interessantesten Abschnitte der bezüglichen Bekanntmachung der deutschen Regierung vom 11. Mai 1898 (R. G. Bl. 1898, Seite 176), welche ich in den deutschen Betrieben affichiert und (wie in den Pollakwerken in Frankfurt am Main) auch strenge gehandhabt fand.

In derartigen Betrieben müssen die Räume, in denen Blei oder Bleiverbindungen zur Verarbeitung gelangen (§ 1) mindestens 3 *m* hoch und mit Fenstern versehen sein, deren Öffnung eine gute Ventilation dieser Räume ermöglicht. Der Fußboden darf kein Wasser durchlassen (§ 2). Die Schmelzkessel (Schmelzmaschinen) sind mit gutziehenden, ins Freie oder in den Schornstein führenden Abzugsvorrichtungen zu versehen (§ 3). Ferner heißt es in § 4: Wo eine maschinelle Bearbeitung der Bleiplatten (Gitter oder Rahmen) durch Bandsägen, Kreis-

sägen, Hobelmaschinen oder dergleichen stattfindet, muß durch geeignete Vorrichtungen tunlichst dafür Sorge getragen werden, daß abgerissene Bleiteile und Bleistaub unmittelbar an der Entstehungsstelle abgefangen werden. — § 5. Apparate zur Herstellung von metallischem Bleistaube müssen so abgedichtet und eingerichtet sein, daß weder bei dem Herstellungsverfahren noch bei ihrer Entleerung Bleistaub entweichen kann. — § 6. Das Sieden, Mischen und Anfeuchten der zur Füllung der Platten dienenden Masse, soferne sie Blei oder Bleiverbindungen enthält, das Abziehen der aus Papier oder dergleichen bestehenden Hüllen von den getrockneten Platten, sowie alle sonstigen mit Staubentwicklung verbundenen Hantierungen mit der trockenen oder getrockneten Füllmasse dürfen nur unter wirksamen Abzugsvorrichtungen oder in Apparaten vorgenommen werden, welche so eingerichtet sind, daß eine Verstäubung nach außen nicht stattfinden kann. — § 7. Geöffnete Behälter und Bleistaub oder Bleiverbindungen sind auf einem Roste und mit diesem auf einem ringsum mit Rand versehenen Untersatze so aufzustellen, daß bei der Entnahme aus dem Behälter verstreute Stoffe in den Untersatz aufgefangen werden. — § 8. Die folgenden Verrichtungen: *a)* Die maschinelle Bearbeitung der Bleiplatten, Gitter oder Rahmen (§ 4); *b)* die Herstellung metallischen Bleistaubes (§ 5); *c)* das Herstellen und Mischen der Füllmasse (§ 6), soweit es maschinell erfolgt, müssen je in einem besonderen, von anderen Arbeitsräumen getrennten Raume ausgeführt werden. — § 9. Die Tische, auf denen die Füllmasse in die Platten (Gitter, Rahmen) eingestrichen oder eingepreßt wird, müssen eine glatte und dichtgefügte Oberfläche haben; sie müssen täglich mindestens einmal feucht gereinigt werden. — § 10. Lötarbeiten, welche unter Anwendung eines Wasserstoff-, Wassergas- oder Steinkohlengasgebläses ausgeführt werden, dürfen, so weit es die Natur der Arbeit gestattet, nur an bestimmten Arbeitsplätzen unter wirksamen Absaugevorrichtungen vorgenommen werden. Diese Vorschrift findet keine Anwendung auf diejenigen Lötarbeiten, welche zur Verbindung der Elemente dienen und nicht außerhalb der Formierräume vorgenommen werden können. — § 11. Das zur Herstellung von Wassergas dienende Zink und die im Betriebe zur Verwendung kommende Schwefelsäure müssen technisch rein sein. — § 12. Die Arbeitsräume sind von Verunreinigungen mit Blei oder Bleiverbindungen möglichst freizuhalten.

Die übrigen Verfügungen der Bekanntmachung betreffen die Arbeitskleidung, Arbeitsordnung, Verwendung Jugendlicher, Bäder u. a. m.

4. Sonstige Metallurgie. (Eisen, Kupfer.)

In der übrigen Metallurgie sind es, im Gegensatze zu den bisher besprochenen Metallen, Quecksilber, Zink und Blei, nicht die Produkte selbst, welche durch ihre Flüchtigkeit belästigen und schädigen, sondern es wird die Schädigung durch die nebenbei entstehenden flüchtigen Hüttenprodukte (Hüttengase, „Hüttenrauch") herbeigeführt, welche zumeist aus Kohlenoxyd, Kohlensäure, Kohlenwasserstoff, schwefliger Säure, flüchtigen Verbindungen des Arsens und Antimons bestehen. Es handelt sich demnach hier meist nur um die für die Hütte (den Hochofen, Röstofen) allgemeinen hygienischen Maßnahmen, deren wir im allgemeinen Teile bereits gedacht haben; zum Teile stimmen sie im speziellen mit den analogen Prozessen (Röstung) bei den schon besprochenen Metallen überein; wir beschränken uns daher auf eine ganz kurze Zusammenfassung.

Das Eisen.

Beim Hochofen gefährden vor allem die Gichtgase den mit dem Chargeaufgeben beschäftigten Arbeiter, insbesondere wenn mit offener Gicht gearbeitet wird; in diesem Falle erscheint es zweckmäßig, die brennbaren Gichtgase mittels glühender Kohlen zu entzünden, wodurch das zumeist die größte Gefahr bedingende Kohlenoxyd zu Kohlensäure verbrannt wird; bei modernen Systemen werden die Gichtgase jedoch bei geschlossener Gicht (Verschluß nach Schlink, Parry u. a., wie bereits früher beschrieben wurde) mittels Gasleitungen (häufig unter Anwendung von künstlichem Saugzug) abgeführt und weiterer Verwertung (Heizzwecke, Kraftmaschinen) zugewendet. Beim Reinigen der Gasleitungen ereignen sich vielfach schwere Gasvergiftungen beim Einsteigen in die Röhren durch Einatmen der zurückgebliebenen Gase; es empfiehlt sich daher, die Reinigung der Gasleitungen von außen zu ermöglichen. Wenn, wie oben erwähnt, in die Gasleitung ein Exhaustor, respektive Injektor eingeschaltet ist, lassen sich Unglücke leicht dadurch verhüten, daß man nach dem Außerbetriebsetzen vor dem Einsteigen den Ventilator in Funktion setzt, um die in der Leitung noch befindlichen Gase abzusaugen. Ferner treten schädliche Gase beim Abstich aus dem Ofen aus, dieser Gefahr kann man durch hohes Anlegen des Abstiches und kräftige Lüftung der Gießräume steuern.

Zur Gießerei übergehend, müssen wir der in dem Kupolumschmelzofen entstehenden Gase gedenken, welche zirka 15% CO und mindestens ebensoviel CO_2 führen. Beim Kupolofen

von Greiner und Erpf tritt die Luft durch Düsenreihen hinzu, um das Kohlenoxyd zu verbrennen. Herbertz saugt die Gase durch ein Dampfstrahlgebläse ab, so daß die Luft unten durch einen offenen Schlitz eintritt.

Weder der Bessemerprozeß noch das Siemens-Martinverfahren noch die übrigen Darstellungsweisen von Stahl und Eisen geben zu einer Entwicklung schädlicher Gase in größeren Mengen und zu speziellen Schutzmaßnahmen Veranlassung.

Einiges Interessante über die weitere Bearbeitung des Gußeisens besprachen wir auf Seite 99 (Gußeisenputzereistaub) und auf Seite 143 (Sandstrahlgebläse).

In der nebenstehenden Figur bringen wir die Details einer von Ingenieur Recknagel (München) in musterhafter Weise durchgeführten Entstaubungsanlage für die Großgießerei der Gebrüder Sulzer in Winterthur (Fig. 40).

Bei der

Kupferverhüttung

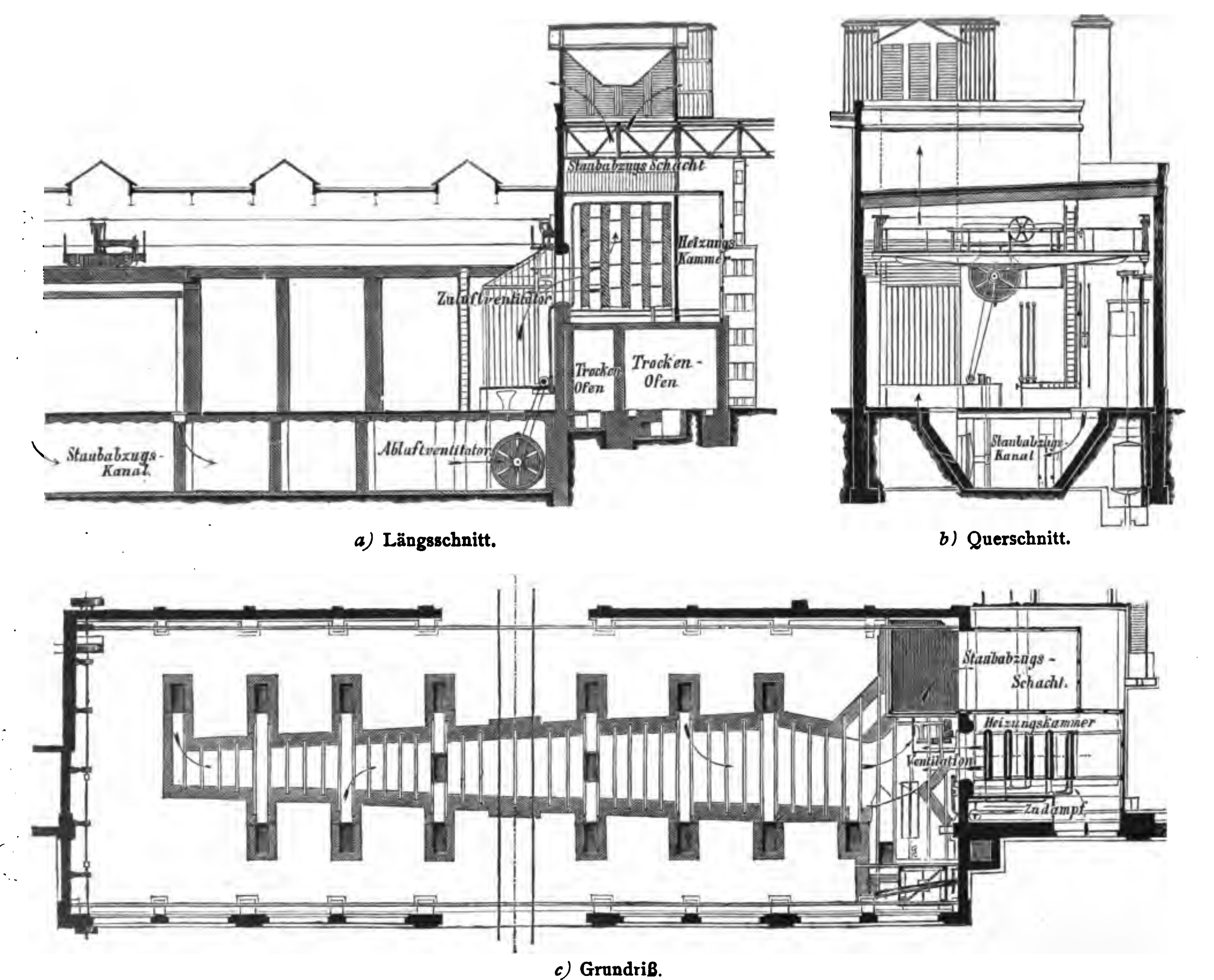
ist es wiederum der Röstprozeß, welcher außer schwefliger Säure die bekannten flüchtigen schädlichen Arsen-, Antimon- und ähnlichen Verbindungen produziert; auf wiederholtem Rösten beruht die Kupferdarstellung im „trockenen Wege"; aber auch bei dem Zementkupferverfahren („nasser Weg") kommen geröstete, oxydierte Erze zur Verarbeitung. Nachdem selbstredend auch hier die Haufen und Stadeln schlechtweg zu verdammen sind, ist vor allem der Schachtofen (oder der Gefäßofen) mit Gichtverschluß und Gasableitung und Verwertung oder Vernichtung (Verbrennung, Absorption) der Abgase mit Vorteil zu verwenden; so beschreibt Oppermann (in Albrecht), daß die Mannsfeldsche Gewerkschaft die 8—25% Kohlenoxyd enthaltenden Abgase ihrer Kupferschiefer verarbeitenden Öfen zur Kesselheizung verwendet, nachdem die zugemischten Metalldämpfe und der Flugstaub sich in Kammern abgesetzt haben. Das System ist mit Ventilatoren versehen.

II. Phosphorindustrie.

(Phosphorerzeugung, Phosphorzündhölzchenindustrie.)

Phosphorerzeugung.

Das Rohmaterial für die Phosphorerzeugung sind entweder Knochen oder Phosphorite (Staffelit, Apatit). Die gebrannten Knochen werden gepulvert, mit Kammersäure erhitzt, die entstehende Phosphorsäure vom Gips getrennt, durch Abdampfen konzentriert und mit Kohle (Koks) gemischt aus (in einen Ofen eingebauten) kleinen tönernen Retorten destilliert. Zur Zersetzung der Phosphorite bedarf es großer Hitze, daher hierbei zumeist jetzt der elektrische Ofen verwendet wird (über die Giftwirkung des Phosphors siehe S. 118).



a) Längsschnitt.

b) Querschnitt.

c) Grundriß.

Fig 40. Entstaubungsanlage für die Großgießerei Gebrüder Sulzer, Winterthur (durchgeführt von Recknagel, München-Wiesbaden).

Beim allmählichen Erhitzen der offenen Retorten entweichen zunächst Wasserdampf, Kohlenoxyd, schweflige Säure, Wasserstoff, die Vorlage wird erst auflutiert, wenn die Phosphorflamme auftritt; es ist auf die Dichtung zu sehen; überdies müssen die während des Ganges der Destillation dem freien Ende entströmenden Phosphor- und Arsenverbindungen verbrannt werden, wodurch sie sich in die entsprechenden Säuren umwandeln; als solche müssen sie dann aufgefangen und einer Absorptions- und Neutralisationsanlage zugeführt werden; zu achten ist auf nicht zu rapides Anheizen der Retorten, damit die Phosphorkondensation in der mit Wasser beschickten Vorlage eine möglichst ausgiebige sei. Heinzerling empfiehlt die Phosphordestillation im Vakuum.

Phosphorzündhölzchen.[1])

Der Vorgang bei dieser Fabrikation ist folgender:

Unter Erwärmen und Rühren wird Phosphor mit Gummi (und Zusätzen) oder Leim zur Zündmasse verarbeitet, welche zum Tunken der aus Holzdraht hergestellten Hölzchen dient, welche in Rahmen eingesetzt sind (vorher werden die Hölzchen geschwefelt oder paraffiniert, und zwar gleichfalls mittels Eintauchen in die Masse). Hierauf werden die Hölzchen getrocknet und die Päckchen gepackt.

Die Gefahr der Entwicklung von Phosphordämpfen ergibt sich beim Bereiten der Zündmasse, beim Tunken und Trocknen.

Um die Manipulationen mit der Zündmasse überhaupt ungefährlicher zu gestalten, wurde von manchen Verwaltungen

---

1) Spezielle Literatur über Phosphordampf und Zündhölzchen:

Hahn-Markt-Bohrau, Viertelj. f. ger. Med. u. öff. S. W., S. 132.

v. Stubenrauch, Tierversuche über Phosphornekrose (Z. f. G.-Hyg., S. 157).

Wootke, Viertelj. f. ger. Med. u. öff. S. W., Bd. XVIII, S. 325.

Thorpe-Oliver-Cuningham, Bericht im britischen Ministerium über Phosphorindustrie (soziale Praxis, 1899).

Burghardt, Charité annales, XXIII, 1899.

Kalmann, Phosphorbronzefabrik, Chem. Ztg., XXI, S. 853.

Zündhölzchenfabrikation Vallin, Med. Akad. Paris, 1897 (Semaine médicale 44).

Zündhölzchenfabrikation in Pantin, Med. Akad., Paris 1897 (Ann. d'hyg. 1897, 96).

Hoffmann, Österr. Sanitätswesen 1896.

Phosphorzündhölzchen, Akadem. med. Sitzung vom 17. November 1888 (auch D. Med.-Ztg. 1889).

Phosphorzündhölzchen, Pouchet, Revue d'hyg. X, pag. 1070.

Ventil.-Phosph.-Tunkapparat, Amtl. Mitteil. a. d. J. B. d. G. J., 1897, S. 203.

Zündhölzchen, Bericht der österr. Gewerbe-Inspektion 1888.

Schuler, Archiv für soziale Gesetzgebung, V, 1.

Bührer, Chem. Ztg., XVI, S. 1692.

Oppler, Ber. ü. d. D. allg. Ausstellung für Unfallverhütung, II. 2. Hälfte, S. 49, Berlin 1891.

ein bestimmter Maximalgehalt der Zündmasse an weißem Phosphor normiert; doch schwanken die bezüglichen Anforderungen in den einzelnen Staaten zwischen 6—17% einerseits und 40% anderseits. Weitere Bestimmungen wurden bezüglich der Klebesubstanz verfügt; während die Anwendung von Leim wegen des schnellen Trocknens der damit versetzten Masse sich einerseits empfiehlt, so erscheint die Herstellung der Leimzündmasse deshalb nicht vorteilhaft, weil hierbei verhältnismäßig hohe Temperaturen (bis 70°) angewendet werden; daher wurde die Leimverwertung bei der Zündholzfabrikation in manchen Verwaltungsgebieten gänzlich verboten und mußte der Anwendung der sogenannten „kalten" Masse weichen, welche durch Beimengung von Dextrin, Tragant und anderem erzielt wird, allerdings aber eines mehrstündigen (3—4 stündigen) Trocknens bedarf.

Das Kochen der Masse hat in geschlossenen, und zwar womöglich luftdichten (mit Sicherheitsventil versehenen) Massekochapparaten zu geschehen; das Rühren der Masse geschieht durch ein mechanisches Rührwerk; die Beheizung wird mit Dampf besorgt; der Apparat selbst mit Exhaustion ventiliert. Solche vollkommen ungefährlich funktionierende Apparate wurden von Beck in Kassel konstruiert. Das Außerachtlassen dieser Vorschriften, das Kochen in offenen Kesseln und Rühren mit der Hand hat in früherer Zeit die Arbeiter auf das äußerste gefährdet.

Das Tunken der Hölzer kann gleichfalls zu einer unbedenklichen Operation werden, sobald der Apparat abgeschlossen und ventiliert werden kann; das Tunken auf offener Platte ist daher unbedingt zu verwerfen und haben an dessen Stelle Walzentunkapparate zu treten; den ersten derartigen Apparat konstruierte Sebold in Durlach; vervollkommnet wurden diese Vorrichtungen durch Beck und Henkel in Kassel; der von ihnen hergestellte Apparat enthält zwei Walzen, zwischen welchen die Zündhölzchenrahmen hindurchgeführt werden; die untere taucht in einen Behälter mit Zündmasse, welcher mittels Wasser beheizt wird; die obere Walze dient zum Andrücken der Zündhölzchen gegen die untere Walze; durch verschieden starkes Andrücken dieser verstellbaren Walze kann eine beliebige Köpfchengröße erzeugt werden.

Übertroffen wird die ursprüngliche Konstruktion des Walzentunkapparates durch die Higginsche Modifikation, welche das Aufgeben mit der Hand durch eine mechanische Konstruktion (endloses Band) ersetzt, mittels welcher gleichfalls mechanisch die betunkten Hölzer direkt in die Trockenkammer (durch

einen geschlossenen Kanal) weiterwandern. Die modernen Walzentunkapparate sind ventiliert.

Es gibt übrigens (nach Bersch) jetzt bereits auch überdies Maschinen, welche vollkommen automatisch den ganzen komplizierten Vorgang durchführen, so die (amerikanischen) „Barber"- und „Jay-Gould"-Maschinen mit einer Leistung von 3 bis 30 (!) Millionen Zündhölzchen pro Tag, welche „das zugeführte Holz zu Holzdraht zerschneiden, schwefeln, paraffinieren, tunken, trocknen; ja sogar die Hölzchenpackung besorgen".

Das Trocknen der Hölzer muß in Räumen geschehen, welche so wenig als möglich betreten werden; während des Trockenvorganges selbst sollte das Betreten nicht gestattet sein, die Temperatur (welche 30—32° nicht übersteigen darf) soll von außen beobachtet werden; die Beheizung hat mit Dampf zu geschehen (oder Wasser); die Beleuchtung soll elektrisch sein. Nach dem Trocknen soll der Raum nur nach energischer Ventilation zwecks Herausnehmens des getrockneten und Aufgeben von frischem Materiale betreten werden. Sehr zweckmäßig erscheint der Vorgang in einer hessischen Fabrik, welche bei einer Tageserzeugung von 13 Millionen Hölzern und 13jährigem Bestande noch keine einzige Phosphorerkrankung verzeichnet (Zeitschrift für Gew.-Hyg. 1899). Die Ladung mit den zu trocknenden Hölzchen wird auf einem auf Schienen laufenden Wagen (Lowry) mittels eines Seiles in den Trockenraum hineingezogen (ähnlich wie bei den bei der Bleiweißfabrikation erwähnten Tunneltrockenofen), verharrt dort je nach Bedarf und verläßt ihn auf dieselbe Weise durch die entgegengesetzte Türe, ohne daß jemand den Raum betreten hätte und ohne daß die den Betrieb unterbrechende Ventilation des Raumes, welche wir oben erwähnt, nötig geworden wäre; die Ventilation erfolgt dann erst bei längerer Außerbetriebsetzung des Ofens.

Als streng zu beachtendes Postulat muß, um nicht unnötigerweise Menschen zu gefährden, strenge Trennung der einzelnen Manipulationsräume voneinander gefordert werden.

Wie weit soll man ferner mit dem Verbote oder der Einschränkung der Phosphorzündhölzchenindustrie gehen? Die weitgehendste bezügliche Maßnahme ist das gänzliche Verbot der Verwendung des weißen Phosphors, welches in manchen Staaten ergangen, wohl meist als zu weitgehend und daher überflüssig wieder zurückgezogen wurde; im allgemeinen muß das Verbot der Hausindustrie mit Phosphorwaren als genügend hingestellt werden, da man durch diese Maßnahme und die strenge Durchführung der übrigen Postulate in Deutsch-

land im allgemeinen zufriedenstellende Resultate erreicht; diese Anforderungen erhielten in Deutschland Gesetzeskraft mit dem am 13. Mai 1884 erlassenen Reichsgesetze, dem am 11. Juli die „Ausführungsbestimmungen" folgten.

Die wichtigsten dieser Bestimmungen betreffen die bereits besprochenen Maßregeln, welche, was das Betunken anlangt, teils durch den § 4 allgemein zum Ausdrucke gebracht werden, welcher ohne spezielle Angaben verlangt, „das Betunken müsse mit solchen Vorrichtungen geschehen, daß kein Phosphordampf in die Lokalitäten eindringen könne". Die übrigen Vorschriften betreffen Größe, Ventilation, Trennung der Räume, ferner Wasch- und Bekleidungsvorschriften im Sinne unserer früheren allgemeinen Ausführungen; ferner erscheint durch das deutsche Gesetz die Phosphorhausindustrie unmöglich gemacht und auf die Beschäftigung jugendlicher Hilfsarbeiter eine hohe Strafe gesetzt.

Dem deutschen Gesetze folgte (1885) das österreichische und schweizer Gesetz; in einzelnen Staaten wurde die Phosphorindustrie monopolisiert; in Dänemark bereits im Jahre 1875 der weiße Phosphor gänzlich verboten.

Nach Knipers und Helbig darf der scheinbare momentane Erfolg der Phosphorgesetzgebung nicht überschätzt werden; Schuler hingegen hält das bedeutende Zurückgehen der Zahl der Fälle von Phosphornekrose in der Schweiz für eine Errungenschaft der Gesetzgebung. Jedenfalls sind die Zeiten vorüber, wo, wie Hirt konstatierte, 11—12% der Phosphorarbeiter an Nekrose litten.

Zum Schlusse sei erwähnt, daß vor der übermäßigen Anwendung des Terpentinöles als Gegenmittel gegen die schleichende Phosphorvergiftung (Tragen von offenen Terpentinfläschchen an der Brust), welches vielfach anempfohlen wurde, gewarnt werden muß, nachdem es hierdurch sogar schon zu Terpentinvergiftungen gekommen sein soll. Zum mindesten ist hier Vorsicht am Platze.

III. Die wichtigsten Zweige der chemischen Großindustrie, in denen mit Luftverunreinigung zu rechnen ist.

A. Die Industrie der Säuren, Halogene, Alkalien.

Nicht nur aus technischen Gründen ist die Vereinigung der hierher gehörigen Industriezweige zu einer Gruppe berechtigt, sondern auch aus rein gewerblich-hygienischen, inso-

ferne als, wie wir bereits auf Seite 112 erörterten, sich bei den hierher gehörigen chemischen Verfahren eine Reihe von Giftgasen entwickelt, welche wir unter dem Titel „reizende" Gase oder Gase mit „Kontakt"-(Berührungs- oder „Außen"-)Wirkung vom toxikologischen Standpunkte (d. i. vom Standpunkte der Giftlehre) subsumieren können.

Die Engländer haben in Würdigung dieser Zusammengehörigkeit die Maßnahmen gegen die Luftverunreinigung in diesem in England dicht vertretenen Zweige der chemischen Großindustrie in einer Sammlung von Bestimmungen dem „Alkali Act" niedergelegt. Gewiß ist eine solche legislatorische Sanktion der spekulativ und empirisch sicher begründeten und wohl geprüften Tatsachen im Detail mit Freude zu begrüßen. Die meisten Verwaltungen sind eben und leider — mehr oder weniger — nicht viel über den Grundsatz: „Gesundheitsschädliches muß vermieden werden" in der Legislative in gewerblich-hygienischer Beziehung hinausgegangen (Deutschland, Österreich), ohne sich auf Details einzulassen. Wenn es mir erlaubt ist, sich auf diesem Gebiete noch weiter vorzuwagen, dann dürfte ich als einen der Gründe zu dieser Emanzipation von Details wohl die schlimme Erfahrung einzelner Verwaltungen mit gewissen Detailverfügungen nennen. Die Verfügungen mußten zum Teil zurückgenommen werden (in Österreich eine Bestimmung über Dörranlagen etc.). Offenbar war die Sache nicht ganz reif. Wie ich hervorhob, nur ganz Probates, Einwandfreies läßt sich auf unserem Gebiete durch Legislation verallgemeinern. Derartig Durchdachtes und Geprüftes soll jedoch Gesetzeskraft erhalten, um das Einzelnverfahren gleichmäßiger und einfacher zu gestalten.

1. Die Salzsäure und die Sulfatindustrie (Leblanc-Sodaverfahren).

Das chemische Prinzip der Darstellung von Sulfat und Salzsäure drückt die einfache Formel: $2\,NaCl + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2\,HCl$ aus: Kochsalz wird in der „Schale", welche sich unmittelbar vor der Herdöffnung befindet, durch ein in der Decke eingeführtes Bleirohr mit Kammersäure übergossen, bis zur erforderlichen Konsistenz umgekrückt und dann in den Ofen geschafft; die Reaktion spielt sich im Muffel- oder Flammenofen ab, in welchem die Rohprodukte (Kochsalz und Schwefelsäure) kalziniert werden, wobei das Sulfat entsteht, welches dann dem Ofen entnommen werden muß, während das entweichende Salzsäuregas in Bonbons kondensiert wird. Erwähnt sei noch das Verfahren von Hagreaves und Robinson, bei welchem Schwefligsäuregas, Sauerstoff und Wasserdampf die Stelle der Schwefelsäure vertreten und direkt auf Salzziegeln einwirken, welche zu Sulfat werden; der Prozeß geschieht in eisernen Zylindern, durch die Reaktionswärme wird die erforderliche Temperatur geliefert (nach Dr. Fischers Technologie), die Salzsäure wie oben kondensiert.

Aus diesem kurzen Abriß der Fabrikationsmethode ergeben sich von unserem Standpunkte nachfolgende Direktiven für die Sulfat- und Salzsäureindustrie: Nach den im allgemeinen Teile auseinandergesetzten Prinzipien ist die Muffel oder der Zylinder anderen Ofenkonstruktionen vorzuziehen; überdies kann mit geringem negativen Drucke in den Öfen gearbeitet werden, dadurch, dass man Exhaustion in Anwendung bringt (Leopoldshall, Neustaßfurt). Von hoher hygienischer und ökonomischer Bedeutung ist die gründliche Kondensation der Salzsäure. Hierfür garantieren jedoch die Bonbons oder die tönernen Tourilles allein nicht. Cellarius i. J. 1899 empfiehlt eine längliche niedrige Form der Absorptionsgefäße mit gewölbtem Boden und gewellten Wandungen der Verbindungsröhren (bessere Kühlung). Jedenfalls sollte zur sicheren und totalen Absorption der gefährlichen Salzsäuregase am Ende der Tourilles-, respektive Bonbonsreihe ein Turm angeschlossen sein; in Griesheim sah ich einen 33 *m* hohen Koksturm; bewährt haben sich auch hierfür die Plattentürme (nach Lunge-Rohrmann). Eine bedeutende Gefahr für den Arbeiter repräsentiert ferner das Herausziehen der kalzinierten Massen aus dem Ofen; hierbei strömen ihm massenhaft salzsaure und schwefelsaure Dämpfe entgegen. Es muß daher für eine Kühlung dieser Massen unter gehörigem Abzuge (Exhaustion) und Kondensation der Dämpfe gesorgt sein, welche am besten in Einführung von Vorkammern oder Kästen (Kühlkammern) unmittelbar vor der Arbeitsöffnung besteht.

Die United Alkali Company hat die bezüglichen Vorschriften in einer Arbeits- und Bedienungsordnung zusammengefaßt. Hier die wichtigsten Punkte dieser sehr beachtenswerten Maßnahmen: 1. Die Sulfatschale darf nicht zu heiß beschickt werden. 2. Man darf die Schwefelsäure nicht früher einfließen lassen, bevor nicht alles Salz hineingeworfen und die Türe vorgestellt ist. 3. Wenn während des Einfließens der Kammerschwefelsäure Salzsäuredämpfe aus der Arbeitsöffnung herausströmen, so ist sogleich der Schwefelsäurezufluß zu mindern oder zu unterbrechen. 4. Während der Arbeit sind alle Türen zu schließen. 5. Es sind bestimmte Stunden für das Herausnehmen des Sulfates aus dem Röstofen festzustellen, damit das herausgenommene Sulfat nicht noch saure Gase entsende; wenn dies dennoch der Fall ist, ist der herausgenommene Sulfatposten sofort mit kaltem Sulfat zu überschütten (Heinzerling in Weyl).

Die an die Sulfat- und Salzsäureindustrie sich anschließende Leblanc-Sodaindustrie bringt weniger Gefahren für die Gesundheit der Arbeiter mit sich.

Nach Leblanc werden gleiche Anteile Sulfat und Kalkstein mit Kohle geschmolzen; die Schmelze wird ausgelaugt; diese Lauge liefert beim Eindampfen Soda. Chemisch zerfällt der Sodabildungsprozeß, der sich im Schmelzofen abspielt, in drei Phasen nach folgenden chemischen Formeln: 1. $Na_2 SO_4 + 2 C = Na_2 S + 2 CO_2$ 2. $Na_2 S + CO_2 = Na_2 CO_3 + Ca S$; außerdem spielt sich jedoch 3. folgender Prozeß ab: $2 Ca CO_3 + 2 C = Ca O + 4 CO$ (nachdem überschüssige Kohle vorhanden ist). Aus diesen Formeln ersieht man, daß der Prozeß schädliche Gase entwickelt.

Es ist wünschenswert, daß der Sodabildungsprozeß (Schmelzen) nicht am offenen Herde unter Beihilfe von Handarbeit (Umkrücken, Weiterkrücken vom Vorwärmungs- auf den eigentlichen Herd und von da in die Kühlkästen) geschehe. Diese Forderungen erfüllt der Ofen mit Drehherd (Revolverofen), welcher einen geschlossenen Zylinder repräsentiert und dadurch, daß er sich in zirka 3 Minuten einmal um seine Achse dreht, das Umkrücken mit Handarbeit erspart. Der größte derartige Herd steht in Widnos (Alkali Comp.); er ersetzt 18 Handöfen und nimmt nur den Raum von 3 Handöfen ein.

Die Leblanc-Sodaindustrie hat seinerzeit die Umgebung durch die Schwefelwasserstoffentwicklung aus ihren Sodaäschern bedeutend geschädigt; diese Äschermassen haben die Sodaindustriellen fast zur Verzweiflung getrieben; ja man dachte schon daran, diese Rückstände mittels Schiffen mit Klappböden in die Tiefen des Ozeans zu versenken, wo sie allerdings gut aufgehoben gewesen wären; mit den Äschern wäre jedoch auch der wertvolle Schwefel vernichtet worden, welcher jetzt nach dem genialen Einfalle von Schaffner, Mond und Helbig aus den Äschern wieder ersteht, um als Schwefelsäure sich mit dem Kochsalze wieder zu Sulfat zu verbinden und durch diese Regeneration dient der Schwefel der Industrie weiter, welcher früher als Schwefelwasserstoff belästigte. — Die Details des Schaffner-Mond-Helbig-Verfahrens haben wir schon im allgemeinen Teile erörtert (Seite 167).

2. Die Fluorwasserstoffsäure; Superphosphatindustrie.

Beim Glasätzen wird die Anwendung von gasförmiger Flußsäure durch die Belästigung und Gefährdung bei dieser Arbeit immer seltener, um so mehr als das Mattätzen mit gasförmiger Flußsäure sehr ungleichmäßige Mattierungen liefert (Fischer, Chem. Tech., Seite 724) und die Verwendung von ätzenden Flüssigkeiten oder Sandstrahlmaschinen demnach auch aus technischen Rücksichten weit empfehlenswerter erscheint, vorausgesetzt natürlich, daß diese Maschinen so wohl eingerichtet sind, wie auf Seite 143 (nebst Tafel) beschrieben wurde.

Eine arge Belästigung entsteht durch das Auftreten von freier Fluorwasserstoffsäure beim „Aufschließen" in der Superphosphatfabrikation.

Das Rohmaterial zur Superphosphaterzeugung liefern meist die algerischen, die spanischen (Estramadura) und nordamerikanischen (Florida) Phosphorite. Diese werden in Rührapparaten „aufgeschlossen", d. h. (nach erfolgtem Zerkleinern) mit Schwefelsäure (Kammersäure) gemischt, die Aufschließung in Kammern vollendet; dann wird getrocknet.

Von unserem Standpunkte müssen an diese Fabrikation folgende Anforderungen gestellt werden: die Aufschließapparate und Aufschließkammern müssen dicht geschlossen sein, das Rühren mechanisch geschehen. Diese Apparate müssen ventiliert sein. Das Trocknen darf nicht auf Darren geschehen, sondern es sind geschlossene Trockenapparate zu verwenden, welche gleichfalls mechanisch arbeiten. Hervorzuheben wäre ein solcher Apparat von Milch, wo das Material vermittels eines Gliederbandes automatisch in und durch die Heizkammer geführt wird. Überdies stehen auch Trommeltrockenapparate (schiefe Drehzylinder) in Verwendung (Möller); mitunter wird (nach Flecken) in der Aufschließkammer selbst mittels Heißluft getrocknet (vergl. auch Seite 115 und 175). Ich glaube, daß sich auch hier die mehrerwähnten Tunnelöfen mit Vorteil verwenden ließen.

Der Fluorwasserstoff, welcher bei dem Prozesse abgezogen wird, wird (nach Fischer) am besten mittels fein zerstaubten Wassers niedergeschlagen. Die chemische Fabrik Silesia kondensiert die beim Aufschließen entstehenden Fluorsiliziumdämpfe und setzt sie mittels Wasser zu Kieselsäure und Kieselfluorwasserstoffsäure um, welche verwertet werden. Die Hermania in Schönbeck führt die entstehenden Dämpfe in die Feuerung.

3. Schweflige Säure; Schwefelerzeugung, Schwefelsäurefabrikation, Sulfitzelluloseindustrie, Ultramarin.

Die Erzeugung der schwefligen Säure (Schwefeldioxyd) geschieht außer durch Verbrennen von Stangenschwefel vor allem durch das Rösten der Kiese in Kiesöfen; die genauere Besprechung der hierbei auftretenden Schädlichkeiten findet der Leser in dem Kapitel über Metallurgie.

Das Vorkommen der schwefligen Säure gewinnt außer bei dem eben erwähnten Röstprozesse auch noch bei der Schwefelerzeugung durch Ausschmelzen aus dem Schwefelgestein bei dem höchst unrationellen Calcaroneverfahren in Sizilien für uns an Bedeutung.

Das Schwefelgestein wird in Meilern aufgehäuft, angezündet und der Schwefel durch die eigene Verbrennungswärme eines großen Anteiles des Schwefels teilweise herausgeschmolzen. Die großen Verluste, mit welchen dieses Verfahren arbeitet (40—50%), bewogen zur Konstruktion von Meileröfen (Calcarone), die nach demselben Prinzip arbeiten (20—25% Verlust).

Diese sizilianische Schwefelerzeugung verpestet geradezu die ganze Umgebung; zu den wirklich pitoyablen Verhältnissen der sizilianischen Schwefelarbeiter tragen allerdings auch die elenden materiellen Verhältnisse, die gezahlten Hungerlöhne bei.[1] Die Raffination des Schwefels (Destillation) gibt, falls die allgemeinen Maßnahmen (dichtes System), welche wir bei Besprechung der Destillation im allgemeinen hervorgehoben haben, eingehalten werden, zur Luftveruneinigung keinerlei Veranlassung.

Die Darstellung des Schwefels aus Pyrit erfordert die bei der Besprechung des Röstens der Erze schon erwähnten Maßnahmen. Die Darstellung durch Schwefelkohlenstoffextraktion und Gewinnung aus Lamingmasse berühren wir bei Besprechung des Schwefelkohlenstoffes und des Leuchtgases. Die Schwefelregeneration aus den Sodaäschern ist bekannt.

Die Verwendung der schwefligen Säure in der Industrie ist eine sehr ausgedehnte. Meist genügen die allgemeinen Maßnahmen, wie wir sie im allgemeinen Teile angegeben und besprochen haben; so beim Konservieren des Hopfens, Weines, beim Malzdarren (mechanische Malzwender!) mittels Schwefeldioxyd und bei sonstigen Konservierungsmethoden, sowie bei der Saturation und künstlichen Kälteerzeugung, bei welchen dieses Gas in Anwendung kommt; bezüglich des Bleichens mit Schwefeldioxyd sei überdies auf das Kapitel „Bleicherei" (bei „Chlor") verwiesen.

Im Detail interessiert uns die Schwefelsäurefabrikation, die Sulfitzelluloseindustrie und Ultramarinfabrikation.

Schwefelsäurefabrikation.

Das erforderliche Schwefeldioxyd wird in eigens hierzu konstruierten Öfen möglichst vollkommen verbrannt; diese bergen eine Reihe übereinanderliegender Tonplatten in sich, auf welche der Feinkies oben aufgegeben, nach und nach auf stets tiefere Platten geschafft wird, so daß unten die völlig abgerösteten Rückstände beseitigt werden können. Durch einen längeren Entstaubungskanal treten die Schwefeldioxydgase in den Glover-Turm, dieser ist mit säurefestem Materiale ausgekleidet (Blei) und mit Koksstückchen gefüllt. An seiner höchsten Stelle hat er ein Reservoir, aus welchem dem unten eintretenden SO_2-Strome eine mit (der dem Gay-Lussac-Turme entstammenden) Nitrose beladene 62% Schwefelsäure entgegenfließt. Dieser

---

[1]) Vergl. Giordano, Verh. der italienischen Schwefelarb. Journ. d'igiene, S. 332.

Säure entnimmt das SO_2 die nitrösen Verbindungen und nimmt sie in die Bleikammern mit sich, wo sich unter Mitwirkung von Wasserdampf nunmehr die Schwefelsäure bildet und als „Kammersäure" am Boden ansammelt. In der ersten Kammer ist überdies durch Einführung von Salpetersäure für den Ersatz der beim Prozesse in Verlust geratenden Salpetersäuremengen gesorgt. Die Anzahl der Kammern muß so groß sein, daß die Oxydation der schwefligen Säure eine totale ist, so daß nur „nitröse Dämpfe" in den angeschlossenen, dem Glover-Turm analog gebauten Gay-Lussac-Turm entweichen, wo sie in Schwefelsäure aufgefangen und dann auf die Höhe des Glover gehoben werden.

Wenn auch Wolf (Amtl. Jahresberichte 1884, Seite 125) die Schwefelsäureindustrie als eine verhältnismäßig nicht gesundheitsschädliche darstellt (wenig Krankheitstage bei den Beschäftigten), so hat auch sie bereits Opfer durch die Luftverunreinigung gefordert; in den Amtlichen Jahresberichten (1883 und 1884) sind mehrere Todesfälle einerseits der beim Reinigen des Bassins und anderseits der mit dem Aufrühren des Bleischlammes beschäftigten Arbeiter verzeichnet. Bei den Röstöfen älterer Konstruktion mußte man den Zug verstärken, wenn Charge aufgegeben wurde, die neueren arbeiten ohne SO_2-Verluste. Gefährlich war ferner das Einführen von Salpetertöpfen in die erste Kammer; jetzt besorgt dies ein eigener Apparat. Heinzerling (in Weyl) verlangt folgende Maßnahmen: Einstreuen von Kalk, Ventilation der Kammern, Einleiten von Wasserdampf; das Betreten sollte ferner nicht durch seitliches Einsteigen in die Kammern geschehen, sondern dieselben sollten mittels langer Krücken oder durch Ausspritzen mit Wasser durch in dem Boden befindliche Öffnungen und Trichter ausgeräumt werden. Ein längeres „Brachliegen" der Kammer vor dem Betreten läßt der Betrieb in der Regel nicht zu. Als weitere Forderungen an die Einrichtung einer Schwefelsäurefabrik stellte der Bezirksausschuß für den Regierungsbezirk Schleswig auf (Gesundheits-Ing. 1898, Seite 183): Der Gehalt der abziehenden Gase bei ihrem Eintritte in die Esse darf nicht mehr als 0·01 Volumprozente SO_2 betragen; zu dieser Prüfung muß die Möglichkeit der Einschaltung eines Meßapparates gegeben sein; säurehältige Gase dürfen nur durch die Esse abgeleitet werden; die abziehenden Gase dürfen natürlich die Nachbarschaft nicht belästigen. Die Fabriksordnung der United Alkali Co. setzt genaue Vorschriften bezüglich der Bedienung der Pyritöfen (Manipulation mit den Türen, Reinigen der Öfen von Abbränden) fest. Die Berufsgenossenschaft für chemische Industrie (Reichsanzeiger 1893, Nr. 283) ordnet besondere Maßnahmen für die Auspackung des Gay-Lussac-Turmes an; insbesondere soll vor dem Ausräumen des Schlammes am Boden des Gay-Lussac-Turmes Wasser eingelassen und dann erst auf-

gerührt werden. Beim Auftreten von Gasen ist diese Prozedur zu wiederholen.

Die Sulfitzelluloseindustrie.[1])

Abriß der Fabrikationsweise: Die bei dieser Fabrikation verwendete Lauge ist eine Lösung saurer Kalzium- und Magnesiumsulfite, welche bei höherer Temperatur im stande ist, die Inkrustations- und Zwischenzellensubstanzen des Holzes aufzulösen. Diese Lauge wird meist in Türmen gewonnen, welche mit Kalk und Magnesit gefüllt sind; über dieses Material fließt fein verteilt Wasser hinab, von unten aus wird ein Gegenstrom schwefliger Säure eingeleitet, welche in Kiesröstöfen, seltener durch Verbrennen von Schwefel gewonnen wird; weniger in Anwendung stehen mit Kalkmilch beschickte Kammern, in welche das Schwefeldioxyd eingeleitet wird. Mit der so bereiteten Lauge wird das zerkleinerte Holz in „Kochern" (drucksicheren Kesseln, mit Blei oder Wenzelmasse gefüttert) unter einem Drucke von mehreren Atmosphären gekocht.

Lehmann nahm genaue Studien über die Wirkung des Schwefeldioxyds in einer Zellulosefabrik vor und glaubt die Überzeugung gewonnen zu haben, daß, abgesehen von Unglücksfällen, wo durch Einatmen eines Stromes schwefliger Säure Lungenentzündungen und schwerer Bronchialkatarrh hervorgerufen wurden, eine wesentliche Verunreinigung der Luft und Gesundheitsschädigung der Arbeiter im Gesamtbetriebe einer Sulfitzellulosefabrik durch schweflige Säure nicht vorkommt; weder Magenleiden (wie sie Hirt schildert), noch chronische Augen-, Lungen- oder Zahnleiden konnte Lehmann beobachten; dieser Autor fordert sorgfältige Dichtung aller Apparate, welche schweflige Säure enthalten (Öfen, Kocher, Türme) und **kräftige Ventilation** der Kocherräume. Der Bezirksausschuß für den Regierungsbezirk Oppeln spezialisiert diese allgemeinen Maßnahmen (nach Albrecht): eigene Absaugeapparate sollen die schweflige Säure, die in den Kiesöfen entsteht, nicht in die Fabrik dringen lassen; die beim Abgasen der Kocher entstehenden Dämpfe müssen mittelst Exhaustion abgesaugt, kondensiert und die sich bildenden Abgänge zentralisiert werden; wenn die Dämpfe mit den Röstgasen durch die Kalktürme geschickt werden, dann darf das Gas- und Dampfgemisch höchstens mit einem Gehalte von 0·003% SO_2 entweichen, was durch Beamte zu kontrollieren ist. Beim Öffnen der Kocher dürfen keine die Arbeiter oder Adjazenten belästigenden Dämpfe entweichen, was wiederum durch Abfangen, Absaugen und Kondensieren der Dämpfe geschieht. Behufs Ermöglichung ungefährlicher Reparatur des eigentlichen Laugenapparates ist ein

[1]) **Literatur.** Kabrhel, C. c. l., 1890. — Kleinsasser, Österr. Sanit.-Wesen, 1899. — Schubert, Die Zellulosefabrikation, 2. Auflage, 1897. — Lehmann, Arch. f. Hygiene, XVIII, S. 180. — Rambousek, C. p. v. zd., Jahrg. I, 1899, S. 43. Ref. Monatsschr. f. öff. G.-Pfl., XVII, 9.

Reserveapparat, der mit fertiger flüssiger SO_2 arbeitet, bereit zu halten. Die Dimensionen und Materialien der Apparate und Leitungen müssen für die Dichtigkeit des Systemes bürgen.

Ultramarin.

Zur Darstellung des Ultramarins wird ein inniges Gemisch von feingepulvertem Ton (Kaolin) mit Sulfat (Glaubersalz) Schwefel und Kohle oder Kaolin, Soda, Schwefel und Kohle in Tiegel- oder Muffelöfen (ähnlich den Porzellanöfen), selten Retorten geglüht und geschmolzen (durch 7—8 Stunden), die erkaltete Masse hierauf gemahlen, um dann eventuell noch anderen Prozeduren zur Farbendarstellung zu unterliegen.

Die Gase, welche aus den Tiegel- und Muffelöfen entweichen, enthalten bis 3·3% schwefliger und Schwefelsäure, welche (besonders bei feuchter Luft) die Umgebung schädigen. Für die Ausnützung der schwefligen Säure wäre eventuell das Verfahren von Hänisch-Schroeder in Betracht zu ziehen, nach welchem die gasförmige, schweflige Säure auf flüssiges SO_2 verarbeitet und so verwertet werden kann. Für die Unschädlichmachung hat sich folgendes Verfahren bewährt (Schindlersche Werke): die sauren Gase werden mittels Gebläse durch mit Kalkstein gefüllte Kammern gesaugt, in welchen Wasser über die Füllung niederrieselt. Ähnlich arbeiten die Egestorfferschen Salzwerke mit Kalkmilch. Curtius hat zur Gewinnung der schwefligen Säure mit feuerfestem Zement bekleidete eiserne Retorten vorgeschlagen (nach Wagner-Fischer, Technologie).

4. Salpetersäure und salpetrige Säure, Darstellung. Das „Nitrieren". (Nitroglyzerin etc.)

Darstellung.

Die Darstellung geschieht nach der Formel $NaNO_3 + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HNO_3$. Die Zersetzung des Natriumsalpeters mit Schwefelsäure geschieht in gußeisernen Kesseln von zylindrischer oder Retortenform, die Kondensation der entweichenden Salpetersäuredämpfe geschieht in Kühlapparaten (System U-förmiger Röhren nach Guttmann und Rohrmann u. a.). Valentiner hat die Zersetzung des Salpeters durch Schwefelsäure im Vakuum empfohlen. Erwähnt sei die direkte elektrische Darstellung aus *N* und *O* nach Siemens & Halske.

Heinzerling (in Weyl) verlangt, abgesehen von den allgemeinen Maßnahmen (dichte Apparate, gründliche Kondensation) besondere Beachtung der nicht kondensablen Gase (Abführen in den Schornstein), welche er am besten direkt einer Schwefelsäureindustrie zugeführt wissen möchte. Ferner erscheint die Beschickung der Entwickler gefährlich, und muß dieselbe so geschehen, daß während derselben keine Dämpfe entweichen, was dadurch vermieden wird, daß man die Schwefel-

säure durch ein U-Rohr zufließen läßt. Ferner muß man bei der Entleerung der Rückstände auf noch vorhandene Gase achthaben; eventuell wären dieselben künstlich auszusaugen.

Die Verwendung der Salpetersäure bei der Schwefelsäurefabrikation und die dort zu treffenden Maßnahmen haben wir bereits besprochen und erwähnen die Verwendung dieser Säure zum Beizen der Metalle, bei der Gold- und Silberscheidung, beim Montieren galvanischer Elemente etc.; hier genügen meist die allgemeinen Ventilationsmaßnahmen; einer genaueren Besprechung unterziehen wir die unter dem Begriffe „Nitrieren" zusammengefaßten Fabrikationsarten, wobei wir jedoch die Besprechung der Nitrobenzolindustrie auf später verschieben.[1])

Nitroglyzerin, Dynamit.[2])

Das Nitrieren geschieht jetzt in großen, mit Deckel (mit Glasfenster) versehenen Nitrierapparaten (geschlossenen Bleigefäßen), welche mit Glyzerin und dem Schwefel-Salpetersäuregemisch beschickt werden. Die Rührung wird (nach Ballabene) mit Preßluft besorgt, für die Kühlung sorgen zirka 200 *m* Kühlschlangen; nach dem Nitrieren erfolgt die Scheidung in trichterförmigen Gefäßen, aus denen man das Nitroglyzerin und das Säuregemisch, welche sich vermöge des verschiedenen spezifischen Gewichtes streng scheiden, separat ablassen kann; das saure Glyzerin wird dann noch gewaschen, um es von Säure zu befreien, mit Soda neutralisiert und filtriert, während die Säuren zunächst durch die Nachscheidung (tagelanges Stehenlassen) von Nitroglyzerinresten befreit und dann im Denitrifikator voneinander getrennt und wiedergewonnen werden, indem das Gemisch in einen Zylinder fein verteilt herabrieselt und entgegenströmende Luft und Wasserdampf die Spaltung bewirkt, indem die leichtere HNO_3 mitgerissen wird, die H_2SO_4 aber zu Boden sinkt.

Die früher in Anwendung gestandenen offenen Nitrier-, Scheide- und Waschapparate (letztere sind noch im Gebrauche) mit Anwendung von Handrührwerk sind unbedingt zu verwerfen; sie sind durch die modernen geschlossenen mit mechanischem Rührwerke und eventuellen Dunstabzug und Exhaustion zu ersetzen. Brandt hebt in seinem ausführlichen Artikel, auf welchen wir die Aufmerksamkeit der Leser lenken, „Über Sanitätsverhältnisse der Sprengstoffarbeiter" (V. f. öff. G.-Pfl. 24) hervor, daß bei der Denitrierung der Abfallsäure und insbesondere nach der Kondensierung der Stickstoffsäuren in Woulfschen Flaschen große Mengen saurer Gase entstehen und entweichen können.

---

[1]) Gelangt bei der Anilinindustrie zur Erörterung.

[2]) Spezielle Literatur:

Vogt, D. V. J. Sch. f. öff. G.-Pfl., Bd. XXX, Heft 3. Brandt, D. V. J. Sch. f. öff. G.-Pfl., Bd. XXIV, Heft 3. Guttmann, Chem.-Ztg. XVII, S. 349. Schlidnig, Zeitschr. f. angew. Chemie 1890, Nr. 20.

Schießbaumwolle.

Das Nitrieren der entfetteten Baumwolle geschieht in Tauchapparaten (unter gleichzeitigem Umrühren) vermittels eines Gemenges von Schwefel- und Salpetersäure; von der anhaftenden Säure wird das nitrierte Gut mittels Ausschleuderns und Auswaschens befreit.

Außer in der bereits erwähnten Brandtschen Abhandlung findet sich diese Fabrikation vom ärztlichen Standpunkte genau durch Vogt (V. f. öff. G.-Pfl. 30) beleuchtet, welcher Gelegenheit hatte, ein umfassendes ärztliches Gutachten über die Fabrik in Worblaufen abzugeben. Er findet, daß die salpetersauren Dämpfe auftreten: bei Beschickung und Ausräumung der Nitrierkästen, bei Überführung und Einbringung des Nitriergutes in die Zentrifuge und in geringerem Grade bei Entleerung der Zentrifuge und Überführung in die Waschbütten; bei den Beschäftigten konnte Vogt Störungen im Atem- und Verdauungssysteme nicht allgemein nachweisen; als charakteristisch hingegen stellt er die Karies der Schneidezähne bei diesen Arbeitern hin. Weyl weist auf besonders geeignete Nitrierapparate für Baumwolle hin, die bei der Rhein.-westfäl. Aktiengesellschaft in Verwendung stehen, das Auspressen der Säure vermeiden und das Entfernen derselben überhaupt erleichtern.

Knallquecksilber.

Wir folgen wiederum der Brandtschen Darstellung; Brandts Ansichten teilt Weyl-Heinzerling und Albrecht.

Die Darstellung von diesem Präparat geschieht durch Lösen von Quecksilber in Salpetersäure in einem Glasballon; die Lösung läßt man dann in einem anderen mit Alkohol gefüllten Ballon einfließen; hierauf wird filtriert; das Knallquecksilber bleibt am Filter.

Bei der Reaktion des Quecksilbers mit der Salpetersäure und dem Alkohol entwickeln sich sehr gefährliche Gase: außer essigsauren und salpeter-, salpetrigsauren Verbindungen sind es vor allem auch sehr schädliche Cyanverbindungen, die hier auftreten. Nach Chandelon (D. polyt. Journal, Bd. 108, S. 23) sollte der Nitrierballon mit einem Kondensationsapparat (Woulffsches Flaschensystem) in Verbindung gebracht werden, die erste Flasche sollte mit Sodalösung, die folgenden mit Bleioxydlösung gefüllt werden (behufs Absorption der Salpetersäure und Untersalpetersäure); um den Zug im Systeme zu verstärken, ist ein Exhaustor am Ende anzubringen. Nebenbei sei das sich Entwickeln von Quecksilberdämpfen bei dieser Industrie erwähnt (siehe Kapitel Quecksilber).

5. Chlor; Chlorkalkindustrie; Chlordarstellung, Verwendung des Chlors.

a) Braunstein wird mit Salzsäure in Kasten aus Steinplatten (mit Teer getränkt) erwärmt; seltener wird bei dieser Methode Salz, Schwefelsäure und Braunstein zur Chlorentwicklung verwendet. In ersterem Falle wird aus der entstehenden Manganchlorürlauge nach Weldon mittels Versetzen mit Kalkmilch und Einpressens von Luft der Braunstein wiedergewonnen (als sogenannter Weldonschlamm) und von neuem verwendet.

b) Verfahren nach Deacon: hier werden Salzsäuredämpfe durch den atmosphärischen Sauerstoff oxydiert nach der Formel: $2\,HCl + O = H_2O + Cl_2$, welcher Prozeß bei viel niederer Temperatur verläuft, wenn man das Gasgemenge über erhitzte Kupfersalze leitet (Fischer); es wird daher ein Gemisch von Salzsäuregas (im Sulfatofen bereitet oder aus wässeriger Salzsäure entwickelt) und Luft bei zirka 400^0 über in einem gußeisernen Zylinder befindliche, mit Kupferchlorid ($2^0/_0$) getränkte Tonkugeln (Kontaktsubstanz) geführt.

c) Erwähnt sei die Erzeugung von Chlor auf elektrolytischem Wege, welche immer größere Bedeutung gewinnt. Die größte derartige Anlage findet sich — vortrefflich eingerichtet — wie bereits erwähnt, in Grießheim-Elektron.

Die Maßnahmen, welche bei der Chlorentwicklung in Betracht kommen, wollen wir mit der wichtigsten Verwendungsart des Chlors, der Chlorkalkdarstellung, vereint besprechen.

Bei der Chlorkalkdarstellung wird Chlorgas in Kammern (mit Steinplattenwänden) geleitet. Diese Kammern sind mit Asphaltkitt gekittet und enthalten eine Schichte gelöschten Kalkes. Sobald der Kalk kein Chlor mehr aufnimmt, wird das fertige Produkt ausgeräumt und die Kammer von neuem beschickt.

Bei den Chlorentwicklern muß für guten allseitigen Abschluß (Wasserverschlüsse) gesorgt sein; man muß besonders beim Beschicken vorsichtig zu Werke gehen, damit die Wasserverschlüsse geschlossen bleiben; man muß ferner darauf achten, daß der Entwickler nicht eher außer Kraft gesetzt (geöffnet) werde, bevor alles Chlor abgetrieben ist.

Bei den Chlorkalkkammern werden Gefahren besonders dadurch bedingt, daß, um hochgradigen Chlorkalk zu erhalten, der Kalk umgeschaufelt wird, um dann von neuem wieder Chlor einzuleiten. Überdies bleibt das Betreten der Kammer und Ausräumen des Produktes stets gefährlich, wenn die Kammern auch gelüftet werden. Besseres wird jedenfalls durch Exhaustion der Kammern erreicht; eine den ganzen Kopf bedeckende Rauchkappe mit Luftzufuhr (nach Art der Tauchermaske) ist bei den Chlorkalkarbeitern Neustaßfurts in Verwendung (Albrecht); einen bedeutenden Fortschritt bedeutet jedenfalls das Verfahren, welches ich in Griesheim eingeführt sah, nämlich ohne Betreten der Kammer den Chlorkalk mittels durch eine Öffnung in der Seitenwand eingeführter Krücken in eine Öffnung im Boden zu drücken, deren

Deckel nach innen abgehoben wird; durch diese Bodenöffnung fällt der Chlorkalk durch einen dicht anschließenden Schlauch direkt in die Transportgefäße. Die Intensität des Chlorstromes der durch Ventilatoren bewegt wird, kann nach Bedarf reguliert werden. In jeder Beziehung entsprechend ist auch der in der Rhenania (Stollberg) eingeführte Apparat nach Hasenclever: Der Apparat besteht aus einem Systeme von übereinander liegenden Eisenröhren verschiedener Zahl (je nach Bedarf), jede besitzt eine mittels Stirnrad angetriebene Rührschnecke, die zugleich als Transportschnecke fungiert uud das Material gegen das Ende der Röhre hin bewegt, wo es in die nächste fällt und wiederum durch die Schnecke dieser Röhre gerührt und weitertransportiert wird; so gehts weiter durch alle Röhren, bis das Produkt am Ende der letzten Röhre in einen Sammelkasten fällt. Die Chlorierung wird durch einen Chlorgegenstrom hervorgerufen, welcher mit Ventilatoren in Bewegung gesetzt, in die unterste Röhre eingeleitet, zur obersten hinaufsteigt. Aus dem Sammelkasten fällt das Material direkt in die Versandgefäße. Der Apparat ist demnach vollkommen geschlossen und arbeitet mechanisch — und belästigt bei der Arbeit gar nicht; wiederum ein schöner Beleg, wie sich der technische und hygienische Fortschritt deckt: die Gesundheit der Arbeiter wird nicht gefährdet und der Arbeiter kommt auch auf seine Rechnung, denn er kann mit 0·6 Mark Arbeitslohn eine Tonne zum Versand fertigen Chlorkalkes erzeugen. Der Apparat arbeitet ganz vorzüglich (Fischer).

Wenn bei der Austrittsöffnung der letzten Kammer noch Chlorgas zu riechen ist, so ist eine neue Kalkkammer anzuhängen und durch Herabsetzung der Geschwindigkeit der Ventilatoren und der Arbeit der Entwickler der Chlorstrom zu vermindern.

Die Anwendung des Chlors in der Bleicherei wird noch im Kapitel Textilindustrie Erwähnung finden.

B. Die Produkte der trockenen Destillation der Steinkohle (die Leuchtgaserzeugung, Ammoniak und die Cyanverbindungen, die Industrie des Teers und der Teerprodukte) und deren Verwendung.

1. Leuchtgaserzeugung.

Die Erzeugung des Leuchtgases beruht auf der trockenen Destillation der Steinkohle, welche in Chamotteretorten, meist mit Generatorfeuerung vorgenommen wird; die Destillationsprodukte entweichen durch ein Steigrohr zur sogenannten Hydraulik, in welcher sich ein Teil des Teeres absetzt; letzterer wird abgeleitet,

während die Gase weiter zur Kühlung ihren Weg nehmen, wo sie vom Teer (Naphthalin u. a.) und Gaswasser befreit und zum Reinigungshaus weitergeleitet werden, während der Teer vereint mit der erwähnten Teerleitung in besondere Reservoirs fließt. Im Reinigungshause macht das Gas zunächst den sogenannten Scrubberprozeß durch, d. h. es wird in Trommeln mittels fein verteilten Wassers, welches über Koks oder zahlreiche Brettchen (Latten) dem Gase entgegenströmt, gewaschen und dadurch von Ammoniak (Schwefelwasserstoff etc.) befreit; es folgt noch die trockene Reinigung in Kästen, in welchen auf Hürden Raseneisenstein (Eisenoxyd oder eine Mischung desselben mit Kalk und Sägespänen, Lamingsche Masse) ausgebreitet das Gas von Cyanverbindungen befreit. Das nunmehr fertige Gas wird gemessen und in die Gasbehälter (Gasometer) geführt.

Nicht nur technisch, sondern auch hygienisch bedeutsam ist, wie schon erwähnt, für die Gasindustrie die Verminderung, respektive gänzliche Aufhebung des Druckes und Erzeugung von Unterdruck in den Retorten und im gasentwickelnden Systeme überhaupt. Technisch hat diese Einrichtung den Zweck, den Fortgang der Destillation zu fördern und Gasverluste zu vermeiden und zu regeln; hygienisch ist sie deshalb bedeutsam, weil durch die Aufhebung des Gasdruckes ein Ausströmen des Gases selbst durch rissige Retortenwandungen oder beim Öffnen der Türen der Retorte nahezu unmöglich wird. Diese Druckverminderung und Entlastung des gasentwickelnden Systemes wird durch Exhaustoren besorgt, welche in die Anlage (hinter die Kühlung) eingeschaltet werden, das Gas ansaugen und zu den Gasometern weiterdrücken und so gleichsam dem Drucke der Gasbehälter das Gleichgewicht halten, welcher Druck sonst auf den Retorten lasten würde.

Über die Gesundheitsverhältnisse der Gasarbeiter und die Gefahren durch Luftverunreinigung in dieser Industrie liegen nach Jehle recht divergierende Angaben vor. Jehle gebührt das Verdienst, in der neuesten Zeit auf Grund umfassender Statistiken (Zeitschrift für Gewerbe-Hygiene 1901, Nr. 14) darauf hingewiesen zu haben, daß gar zu optimistische Anschauungen über die Gesundheitsverhältnisse der Gasarbeiter nicht berechtigt sind; abgesehen von häufigen Rheumatismen durch stetigen Temperaturwechsel hält Jehle die stete Einatmung der mit diversen Gasarten geschwängerten Luft für das schädlichste Moment, welches zunächst verderblich auf die Verdauungsorgane wirkt und eine Herabsetzung der Ernährung und Verminderung der Widerstandskraft des Organismus bewirkt; auch Erkrankungen der Atmungsorgane sind bei den Gasarbeitern häufig; auch die Sterblichkeit dieser Arbeiter fand Jehle erhöht. Übereinstimend mit Jehle verlangt Goldschmid, Sprenger und Albrecht beim Gaskalkreinigungsverfahren große Vorsicht wegen der Belästigung der Adjazenten und Arbeiter, weil an der Luft sich aus dem Gaskalke Cyanwasserstoff, ferner auch Schwefel-

wasserstoff, Karbol-, Butter- und Baldriansäure entwickeln. Die Arbeiter, welche mit Gasreinigungsmasse zu tun haben, leiden an Katarrhen der Augen und der Respirationsorgane. Wegen der großen Nachteile, welche der Gaskalk mit sich bringt, wird die Reinigung mittels Eisensalzen (Raseneisenstein oder Lamingmasse) meist bevorzugt. Die Autoren weisen ferner übereinstimmend auf die Schädlichkeit der beim Kokslöschen sich entwickelnden Dämpfe hin; diese Operation sollte unter gut ziehenden Abzügen unter Verwertung der Exhaustoranlage vorgenommen werden (Albrecht).

2. Ammoniak.[1]

Das Ammoniak wird zumeist durch Destillation des Gaswassers mit Kalkmilch gewonnen; das überdestillierte Ammoniak wird mittels Schwefelsäure neutralisiert und so auf Ammoniumsulfat verarbeitet. Überdies ist die Erzeugung des Hirschhornsalzes $(NH_4)_2CO_3$) durch Verkohlung stickstoffhaltiger Abfälle und Absetzung des ersteren auch üblich.

Sprenger und Albrecht heben die Schwefelwasserstoffentwicklung bei Einleitung des durch Schwefelammonium verunreinigten Ammoniaks in die Säure als bedenklich hervor; die von den Absorptionsgefäßen abziehenden Gase sollten — nach Kondensation des Wasserdampfes — einer Reinigung durch Lamingsche Masse oder Raseneisenstein unterworfen werden. Wie bereits betont, empfiehlt sich auch hier eine Verbrennung der Abgase (Entstehung von SO_2 etc.) nicht.

Bei der Fabrikation der Ammoniumsalze kommen nach Heinzerling besondere Erkrankungen nicht vor. Die von Hirt bei der Ammoniumkarbonaterzeugung beschriebenen „Ammoniak"-Vergiftungen sind nach Heinzerling anderen Ursprungs (organische Basen). Deutliche Folgen der Ammoniakinhalation kann man bei den mit der Darstellung der Lackmusfarben (aus Flechten) beschäftigten Arbeitern wahrnehmen, ferner auch wenn in der „Prophylaxe" gegen Quecksilbervergiftung mittels Erzeugung von Ammoniak zu viel getan wird. Nach den übereinstimmenden Ansichten der Autoren sind beim Ammoniaksoda- (Solvay-) Verfahren Schädigungen der Gesundheit der Arbeiter nicht beobachtet und ist diese Fabrikationsmethode dem Leblancprozeß auch in Rücksicht auf die Adjazenten vorzuziehen; auch die Verwendung des Ammoniaks bei der Kälteerzeugung wird als unbedenklich hingestellt.

---

[1]) Über die Giftigkeit des Ammoniaks siehe S. 114.

3. Cyan- (und Rhodan-)Verbindungen.[1])

Die gewerblich-hygienische Bedeutung dieser Fabrikate wurde in neuerer Zeit von Weyl einem eingehenden Studium unterworfen und ist dieser Gruppe in Weyls Hygiene ein abgesondertes Kapitel gewidmet.

Sowohl die Rhodan- als die Cyanverbindungen der modernen Industrie stammen nunmehr fast ausschließlich aus der gesättigten Gasreinigungsmasse.[2])

Rhodanammonium $[(NH_4)CNS]$, der Stammvater der Rhodanverbindungen, wird aus der Gasreinigungsmasse mit Wasser extrahiert; dann schreitet man zur Bereitung des gelben Blutlaugensalzes $[K_4Fe(CN)_6 + 3\,H_2O]$ aus der Masse, nachdem sie noch mittels Schwefelkohlenstoffes von Schwefel befreit wurde; dann wird mit Ätzkalk erhitzt und die wässerige Lösung des Produktes mit Chlorkalium versetzt und eingedampft; aus der eingeengten Lösung fällt das gelbe Blutlaugensalz in Kristallen heraus; dieses Salz ist der Ausgangspunkt der Fabrikation der übrigen Cyanverbindungen; diese entstehen — kurz gesagt — folgendermaßen aus dem gelben Blutlaugensalze: Durch Versetzen mit Eisenchlorid entsteht Berlinerblau; durch Einwirkung von Chlor oder Brom (Oxydation) rotes Blutlaugensalz; durch Einwirkung von Salpetersäure die Nitroprussidverbindungen $[Fe(NO)(CN)_5 Na_2 + 2\,H_2O]$; das Cyankali entsteht durch Behandlung des geschmolzenen gelben Blutlaugensalzes mit Pottasche; die Cyanverbindungen liefern mit Säuren zusammengebıacht gasförmige Blausäure.

Bei der Erzeugung von gelbem Blutlaugensalz durch Glühen tierischer Abfälle mit Eisen und Pottasche entweichen Kohlenoxyd, Ammoniak und Cyan; daher verlangt Weyl, daß diese Schmelzprozedur nur unter gut ziehenden Abzügen, eventuell unter Anwendung von Exhaustion geschehen dürfe. Bei der oberwähnten Extraktion der Gasreinigungsmasse mit Schwefelkohlenstoff ist auf die Flüchtigkeit und Giftigkeit des letzteren Rücksicht zu nehmen. Ferner folgen aus der Beschreibung der Fabrikationsweise folgende Direktiven: Bei der Erzeugung des roten Blutlaugensalzes muß die Giftigkeit des Chlor- und Bromgases entsprechend berücksichtigt werden (siehe die betreffenden Kapitel), überdies kommt nach Albrecht die Möglichkeit des Entstehens des sehr giftigen Chlorcyans

---

[1]) Spezielle Literatur vergl. auch S. 123.

Weyl, Handbuch, VIII. Bd., S. 894 ff.

Belästigung der Stoffdruckerei durch Cyandampf, Zeitschrift für Gewerbehygiene 1899, S. 205.

Merzbach, Chronische Blausäurevergiftung bei Versilberern, Hyg. Rundschau 1899, Heft 1.

Cyankali bei galvanischer Vergoldung, Jahrbuch der hess. Fabriksinspektoren 1895.

Preyer, Die Blausäure, Bonn 1868.

[2]) Die Erzeugung des gelben Blutlaugensalzes durch Glühen tierischer Abfälle (Horn, Leder, Blut etc.) mit Pottasche und Eisenfeilen wird bereits weniger geübt (Weyl, Ost).

in Betracht; bei der Nitroprussiddarstellung entstehen Salpetersäuredämpfe, welche unschädlich abzusaugen sind. Während Weyl die gewerblichen Vergiftungen durch Blausäure und durch Cyankalium zu den seltenen Vorkommnissen zählt und dies damit begründet, daß sich nirgends in den Berichten der Fabriksinspektoren (Deutschlands, Österreichs etc.) derartige Vergiftungsfälle beschrieben finden, halten Sprenger, Albrecht und Eulenberg dafür, daß die Cyankaliumarbeiter großen Gefahren ausgesetzt sind, und halten eine Reihe strenger Vorsichtsmaßregeln allgemeiner Natur entschieden für geboten. Die kleinen Mengen des bei der Berlinerblaufärberei sich entwickelnden Cyanwasserstoffes hält Weyl für ziemlich irrelevant. Daß gasförmige Cyanverbindungen in den Ofengasen der Hüttenprozesse vorkommen, haben wir bei Besprechung der Metallurgie bereits erwähnt; es erübrigt des Auftretens kleinerer Mengen von Cyanwasserstoff in der Photographie und bei Verwendung des Gaskalkes zum Enthaaren in der Gerberei zu gedenken. Größere Mengen dieses Gases können sich allenfalls bei der galvanischen Vergoldung oder Versilberung aus der Lösungsflüssigkeit entwickeln. Diese Verhältnisse sind durch Sommerfeld (Handbuch, Seite 515 ff) genauer beleuchtet worden.

4. Teer und Teerprodukte.[1])

Übersicht der Produktion: Der vom Gaswasser in den Sammelbehältern sich abscheidende **Teer** wird entweder als Rohteer direkt einer Verwendung zugeführt oder zur Pappe- oder Rußerzeugung verwendet. Die wichtigste Weiterverarbeitung des Teers jedoch ist eine Zerlegung desselben in seine Bestandteile mittels

---

[1]) Spezielle Literatur hierüber, beziehungsweise über die Giftwirkung der Teerprodukte (vergl. S. 129 ff.):

Goldschmid, Weyls Handbuch, S. 817 etc.

Schultz, Chemie des Steinkohlenteers, 2. Aufl.

Poincaré, Annales d'hyg. publ. Juillet 1885, S. 21.

Köster. ebenda, S. 123.

Blaschko, Erkrankungen der Anilinarbeiter, D. med. Wochenschrift 1891, Nr. 45.

Rhen, Anilinarbeiten, D. med. Wochenschrift 1899. V, 120.

Geissler, Arsenvergiftungen der Anilinarbeiter, Zeitschr. der C. St. für Arbeiterwohlfahrtseinrichtungen 1897, Nr. 20.

Grandhomme, Fabriken, Meister etc., Monogr. 1883.

Greiff, Über Kohlenoxydgasvergiftungen bei der Teerdest., V. f. gerichtl. Med. 1890, 52. Bd., S. 359.

Hoffmann, Die Krankheiten der Arbeiter in Teerfabriken, V. f. gerichtl. Med. 1893, V. und VI. Bd., S. 142.

Schroeder u. Strassmann, Vergiftungen mit Binitrobenzol, V. f. gerichtl. Med. 1891.

Weyl, Die Teerfarben, Monogr. 1889.

fraktionierter Destillation aus eisernen Blasen oder Zylindern; die Destillationsgase ziehen in das Kondensationssystem, bestehend aus Kühlröhren, zur Vorlage, in welcher sich das Destillat sammelt; indem man die Destillationstemperatur steigert und die Vorlage bei gewissen Temperaturstufen (105^0—170^0—240^0—270^0) auswechselt, erhält man die Fraktionen; aus diesen werden die Kohlenwasserstoffe gewonnen; in den ersten Fraktionen (niedrigsiedende Verbindungen) geht Benzol-, Xylol-, Toluol- (Steinkohlen-Benzin) haltiges Destillat über, dann folgt Naphthalin- und Karbol-(Phenol-) haltiges Produkt, in den höheren Fraktionen sind neben Naphthalin Kreosole und Paraffine enthalten; das Anthrazen ist in den höchsten bei über 270^0 übergehenden Fraktionen enthalten; in der Destillierblase bleibt das Pech zurück; wurde die Destillation nicht zu Ende getrieben, heißt der Rückstand weiches Pech, wurden überhaupt nur etwa 25% des Teers übergetrieben, so heißt der Rückstand Asphalt. Die angeführten, in den einzelnen Fraktionen enthaltenen Kohlenwasserstoffe werden dann durch weitere sorgfältige, fraktionierte Destillation oder durch Kristallisations- und Sublimations- oder andere chemische Prozeduren rein gewonnen und ihrer Verwertung, respektive der Weiterverarbeitung zugeführt. Die wichtigste dieser Weiterverarbeitungen ist die Anilingewinnung. Aus Benzol, beziehungsweise Toluol entsteht durch Nitrieren (mit einem Schwefel-Salpetersäuregemische) Nitrobenzol, respektive Nitrotoluol; durch Reduktion mittels Eisen und konzentrierter Salzsäure wird aus Nitrobenzol Anilin gewonnen, während das Reduktionsprodukt des Nitrotoluols Toluidin ist. Anilin und Toluidin sind die Stammväter der „Anilinfarben"; aus einem Gemenge von Anilin und Toluidin (dem „Rotöle") entsteht durch Oxydation Rosanilin; früher geschah diese Oxydation mit Zuhilfenahme der Arsensäure, jetzt oxydiert man mit Nitrobenzol und Eisenchlorür; das Fuchsin ist ein Salz des Rosanilins (Rosanilin-Chloralhydrat). Durch Methylierung des Rosanilins entsteht Methylviolett (als salzsaures Salz).

Von Naphthalin leitet sich Fluorescin, von Anthrazen Alizarin als Farbstoff ab.

Dem Teerdampfe selbst wird allgemein kein schädlicher Einfluß auf die Gesundheit der Arbeiter beigemessen und ist der Gesundheitszustand der Teerarbeiter im allgemeinen ein günstiger zu nennen; besonders die Tuberkulose kommt unter diesen Arbeitern nicht häufig vor und es neigen einzelne Autoren dazu hin, diesen Umstand auf eine direkt heilsame Wirkung des Teerdampfes zurückzuführen — bekanntlich werden Teerpräparate auch als Heilmittel gegen Tuberkulose verabreicht (Buchenholzteer, Kreosot) — wenn auch die in diese Präparate gesetzten hohen Erwartungen nicht gerechtfertigt zu sein scheinen. Jedenfalls ist jedoch vor einem massenhaften Einatmen der Teerdämpfe zu warnen und das Entweichen großer Mengen dieser Dämpfe unbedingt zu verhüten, da ja in den dem Teere beim Transporte und insbesondere beim Kochen desselben entweichenden Dämpfen Bestandteile enthalten sind, deren Giftigkeit, wie wir auf Seite 129 ff. erörtert haben, erwiesen ist (Naphthalin, Benzol, Karbolsäure etc.). Ein solches Auftreten großer Mengen der leicht flüchtigen Teerbestandteile kommt in den Pappe- und Rußfabriken („Schwelereien"), ferner bei der Holzimprägnierung (Eisenbahnschwellen) vor; hier ist für Abfuhr mittels Exhaustion und genügende Kondensation zu sorgen.

Bei der Teerdestillation kann eine Gefährdung durch Gase bei Undichtigkeit der Anlage oder unvollkommener Kondensation geschehen; gefährlich sind überdies die inkondensablen Abgase, ferner die beim Ablassen des Pechs ausströmenden Dämpfe; endlich beschreibt Greiff einen Fall von Kohlenoxydgasvergiftung durch Betreten einer Destillationsblase 14 Tage nach der letzten Destillation. Es muß daher Ableiten und Unschädlichmachen der besagten Abgase und Dämpfe gefordert werden; ferner ist für die Ventilation der Destillationszylinder vor dem Ausräumen Sorge zu tragen. (Bemerkt zu werden verdient, daß die eigenartige Hauterkrankung der Teerarbeiter [„Teerkrätze"], welche durch sorgfältige Körperpflege vermieden werden kann, weniger durch Teerdämpfe als vielmehr durch direkte Berührung des Teeres hervorgerufen wird.)

Von den Kohlenwasserstoffen haben wir besonders das Benzol (Kautschukfirnisfabrikation) und das Naphthalin als nicht unbedenklich hervorzuheben; die Anlagen zur Rektifikation des Naphthalins sind strenge dahin zu überwachen, daß keine Dämpfe unkondensiert in die Arbeitsräume entweichen können, und daß für entsprechende Ventilation der Lagerräume gesorgt werde. Anthrazendampf wird von Grandhomme, welcher in Höchst das diesbezügliche statistische Materiale genau prüfte, als harmlos hingestellt.

Die Nitrobenzoldarstellung ist nach Grandhommes Erfahrungen in Höchst gleichfalls ungefährlich — wir möchten hinzufügen: bei Einhaltung der nötigen Kautelen, wie sie in Höchst gehandhabt werden; im übrigen ist jedoch das Nitrobenzol als durchaus nicht unbedenklich anzusehen, wie wir gehört, und könnten die beschriebenen Dampfvergiftungen gewiß auch in der Industrie vorkommen, sobald nicht jene Vorsichtsmaßregeln an den Scheide-, Rühr- und Nachscheideapparaten getroffen wären, wie sie beim „Nitrieren" überhaupt gefordert werden müssen.

Ungünstige Erfahrungen machten Schröder und Strassmann in den Binitrobenzolfabriken (Roburit). Diese Autoren hatten Gelegenheit, gefährliche gewerbliche Vergiftungen mit Binitrobenzol zu beobachten.

Ferner müssen entsprechende Maßnahmen zur Ableitung und Kondensation der Anilindämpfe in den Anilinfabriken und der Anilinindustrie überhaupt getroffen werden, da die Anilinvergiftungen leichterer Art bei einer mit Anilindampf geschwängerten Atmosphäre nur zu häufig vorkommen; die Arbeiterschaft wird hierdurch arg belästigt und es ist nicht ausge-

schlossen, daß durch häufiges sich Wiederholen der leichteren Störungen schwerere Erkrankungen zustande kommen. Der Gesundheitszustand der Arbeiter in Anilinfabriken muß im allgemeinen ein günstiger genannt werden; die Erkrankungshäufigkeit ist nicht besonders hoch; doch zählen krankhafte Erscheinungen, welche mit Bestimmtheit auf das Einatmen von Anilindämpfen zurückzuführen sind, nicht zu den Seltenheiten. Selbst in den wohleingerichteten Höchster Fabriken konnten in den letzten zehn Jahren über hundert derartige Erkrankungsfälle konstatiert werden.

An dieser Stelle sei nochmals des außerordentlich giftigen Paranitranilins gedacht. Trotzdem in Höchst zur Verhütung der Verstäubung des Paranitranilins eine (in Fig. 36 abgebildete) kostspielige Fiechter-Anlage errichtet wurde, hat man dennoch schlimme Erfahrungen gemacht (vergl. Seite 152).

C. Chromate.

Die in den Chromatfabriken auftretenden, durch das Chrom hervorgerufenen Schädlichkeiten sind nach den übereinstimmenden Ansichten durch staubförmig in der Atmosphäre suspendierte oder durch Dämpfe mitgerissene Chromatpartikelchen bedingt. Wutzdorf,[1]) welcher über ausführliche Experimente in der „Silesia" bei Saarau berichtet, fand in den den heißen Chromatlaugen entsteigenden Dämpfen Chrom; im übrigen beschäftigt sich diese eingehende Arbeit meist mit der Staubgefahr. Eine weitere Besprechung dieser Fabrikation findet sich im Berichte des Düsseldorfer Gewerberates,[2]) welcher Gewinnung, Chromaten, Chromerzen und Regenerierung der grünen Chromlaugen in Antrachinonfabriken behandelt, ferner beschäftigte sich die englische Parlamentkommission mit Vorschriften für diese Industrie.

Über die Giftigkeit des Chroms vergl. S. 119.

Kalium-, respektive Natriumchromat wird durch Schmelzen von Chromeisenstein mit Pottasche, respektive Soda und Salpeter oder einer ähnlichen Mischung im Flammenofen gewonnen. Die Schmelzen werden ausgelaugt. Die Lauge behufs Beseitigung von Beimengungen mit Holzessig neutralisiert, nach Beseitigung des Niederschlages eingeengt, wobei sich beim Erkalten die Chromatkristalle ausscheiden.

Zu einer wesentlichen und gefährlichen Verunreinigung der Betriebsluft tragen folgende Prozeduren bei: das Mahlen des Rohproduktes (Chromeisenstein) durch Staubentwicklung, das Herausziehen der Schmelzen aus dem Ofen und Übergießen mit Wasser durch Dampfbildung, wobei Chromatpartikelchen mitgerissen werden. Desgleichen treten Dämpfe beim Eindampfen und Kristallisieren, Staub beim Ausbrechen der Kristalle und Verpacken auf.

Diese Gefahren, welche sehr bedeutend sind, da das Chrom ein gefährliches Gift ist, können durch entsprechende Schutz-

---

[1]) Wutzdorf, Arb. a. d. kais. G.-Amte, XIII.

[2]) Jahresbericht über 1894, S. 502.

maßnahmen nahezu vollkommen beseitigt werden; so in Grießheim, wo die Erkrankungshäufigkeit der Chromatarbeiter gegenüber der sonstigen Arbeitermorbidität kaum gesteigert erscheint (Sprenger, Albrecht und eigene Erfahrung).

Diese Maßnahmen sind:

Das Mahlen des Chromeisensteines in geschlossenen und ventilierten Kugelmühlen; das Mischen mit Kalk und Soda unter Gebrauch von Entstaubung. Die Schmelzöfen müssen so beschaffen sein, daß die Arbeit an ihnen mechanisch verrichtet wird, und derart konstruiert und eventuell mit Ventilation versehen sein, daß kein Staub nach außen dringt.

Die Flammöfen sind vorsichtig am besten mit Fülltrichter von oben her zu füllen, die Arbeitsöffnungen an den Schmelzöfen sind mit Fangtrichtern oder auf ähnliche Weise zu überdachen und diese Vorkehrungen mit Exhaustion in Verbindung zu setzen; die Entleerung hat womöglich durch die Sohle des Ofens in eine darunter befindliche Kammer zu geschehen. Da beim Ansäuern des neutralen Chromates Chlordämpfe auftreten, müssen diese unschädlich abgeleitet werden.

Ausführliche Vorschriften über die Chromatfabrikation stellt auch das „Chemical Works Committee of Inquiry" auf (Jurisch).

Vor allem muß in Chromatfabriken auch für staubfreie Packung ähnlich der Bleiweißpackung gesorgt sein.

D. Schwefelkohlenstoffindustrie (Erzeugung, Vulkanisieren, Extrahieren).[1]

Schwefelkohlenstoffvergiftungen schwerer Art, hervorgerufen durch das Einatmen von durch CS_2 verunreinigter Luft

[1]) Lehmann, Sitzung der mat.-phys. Cl. der Akademie d. Wiss. 3. März 1888.
Dujardin-Beaumetz, Annales d'hygiène publ., XVI. Bd., pag. 92, 1886.
Festner, Jahrb. d. L. Med. Koll. f. Sachsen, 1892.
Laudenheimer, Monographie, Leipzig, Verlag von Veit u. Komp. 1899.
Lehmann, Arch. f. Hyg., Bd. XX, pag. 56 ff.
Zeitschrift f. Gew.-Hyg., 1899 (Kautschukind. in England).
Roeseler, Vierteljahrsschrift f. ger. Mediz. Oktober 1900 (ref. Z. f. Gew.-Hyg. 1901, pag. 165).
Delpech, L'union méd. 1856, Nr. 66 und annal. d'hyg. publ. Nr. 37.
Pichler, Monographie, Berlin 1897 (Fischer).
Rosenblatt, Dissertation, Würzburg 1890.
Sapelier, Etude sur le CS_2. Thèse, Paris 1885.
Schwalbe, Virchows Archiv 1886.
Sprengler, Zeitschr. d. Zentralstelle f. Arb.-Wohlf. 1896, Nr. 18.
Stadelmann, Berl. klin. Wochenschr. 1896, S. 632.
Tamasia, ref. Virchow-Hirsch' Jahresb. 1881.
Glibert, Zeitschr. f. Gew.-Hyg. 1902, Nr. 1.

zählen zu den selteneren Vorkommnissen; doch hat sich im Laufe der Jahre seit der umfassenden Arbeit von Delpech eine ganz bedeutende und interessante Literatur (siehe Fußnote) über diesen Gegenstand angehäuft, welche im vergangenen Jahre durch Roeseler zusammengefaßt wurde.

Wir greifen nach einer kurzen Darstellung der Grundzüge der Industrie das Wichtigste und für uns Interessanteste heraus.[1])

Erzeugung: Schwefelkohlenstoff entwickelt sich, wenn Schwefeldämpfe über glühende Kohlen streichen. Dieses Prinzip wird in der Technik folgendermaßen verwertet: Koks werden in Retorten zum Glühen erhitzt, durch eine seitliche Öffnung wird Schwefel in starrer oder flüssiger oder Dampfform zugelassen; der sich bildende Schwefelkohlenstoff dann in Kondensationskasten unter Anwendung von Kühlung kondensiert; die mitgerissenen fremdartigen inkondensablen Gase (Kohlenoxyd, Kohlensäure, Sumpfgas, Schwefelwasserstoff) werden in der Regel in die Feuerung geleitet. Der so gewonnene Schwefelkohlenstoff wird durch wiederholtes abdestillieren aus reinem Öle raffiniert, so daß er geruchlos oder nahezu geruchlos wird.

Verwendung: Die häufigsten Verwendungsarten des Schwefelkohlenstoffes in der Industrie sind: 1. Zur Extraktion von Fett und Öl; in hermetisch verschlossenen Eisenbehältern wird das Öl aus dem Rohprodukte (Raps, Leim) ausgelaugt, die Flüssigkeit dann abgelassen, der Schwefelkohlenstoff wegdestilliert, kondensiert und dem Sammelbecken zugeführt, während das Öl zurückbleibt. Bei diesem verhältnismäßig einfachen Vorgange bewegt sich der Schwefelkohlenstoff in einem geschlossenen Systeme, wodurch jeder Gefahr vorgebeugt ist. — 2. Zum Vulkanisieren des Kautschukes, wodurch letzterer dehnbar und elastisch wird und es auch in der Kälte bleibt. Obzwar vielfach nach anderen Methoden vulkanisiert wird, steht in vielen Fabriken — leider — folgende Art des Schwefelkohlenstoffverfahrens in Gebrauch; die Kautschukgegenstände werden auf kurze Zeit in ein 99% CS_2 enthaltendes ätherisches Gemische getaucht, dann zum Abtropfen aufgehängt und schließlich in Trockenkammern bei 40° getrocknet. Die Luft in diesen Räumen ist mit Schwefelkohlenstoffdampf geradezu geschwängert und es konnten trotz Ventilator 1·7—5·7 *mg* CS_2 im Liter Luft (!) im Vulkanisierlokale einzelner Fabriken nachgewiesen werden; über dem Vulkanisiertische fanden sich bis 190 *mg* CS_2 im Liter Luft. Diese Mengen sind als geradezu gefährlich zu bezeichnen, da bereits 1·6 *mg* CS_2 im Liter Luft nach einer halben Stunde Üblichkeiten zur Folge haben, 3·5 *mg* im Liter Luft bereits schwere Störungen hervorrufen.

Trotzdem, wie gesagt, CS_2-Vergiftungen schweren Grades in der Industrie selten sind, wirkt der Dampf, der sich bei der Verwendung dieser Verbindung entwickelt, auf die Arbeiterschaft außerordentlich belästigend ein und sind die leichten Formen der Schwefelkohlenstoffdampfvergiftung, welche in Kopfschmerz, Schwindel, Schlaflosigkeit, Mattigkeit, Gereiztheit und bei Schwächeren auch in Kräfteverfall bestehen, immerhin Veranlassung genug, durch gehörige Ventilationseinrichtungen dem Übel zu steuern, das bei mangelhaft eingerichteten Betrieben sämtliche Beschäftigten ergreift.

---

[1]) Über die Giftigkeit des Schwefelkohlenstoffes vergl. S. 119.

1. Bei der Schwefelkohlenstofferzeugung ist es vor allem das Betreten ungenügend gelüfteter Retorten, welches gefährlich wird. Die lästigen Retortenrückstände sollen derart beseitigt werden, daß die Retorte nach Möglichkeit wenig oder gar nicht von Arbeitern betreten wird. Eulenberg empfiehlt die Anbringung eines Rostes mit einem Aschenfalle behufs leichter Reinigung der Retorten; letztere sollen nur nach völliger Abkühlung und Lüftung von mit Respiratoren (mit Kalkmilch befeuchtete Schwämme) versehenen Arbeitern betreten werden. — 2. Die Ölfabriken sollten nur mit direktem Luftdrucke arbeiten, indem der größte Teil des vollkommen dichten Systemes einen luftverdünnten Raum darstellt; übrigens könnten bei solch einer Einrichtung Gase niemals ausströmen, sondern es könnte nur Luft in das System einströmen, falls irgendwelche Undichtigkeiten zufällig vorhanden wären. Das Pumpen sollte niemals angewendet werden; die zwecks der Luftverdünnung ausgetriebene Luft muß von den Resten des Schwefelkohlenstoffes befreit werden.[1]) — 3. In den Gummifabriken kann durch *a)* eventuelle zweckmäßigere Zusammensetzung der Vulkanisiermischung oder *b)* durch Ventilationseinrichtungen und allgemeine Verhaltungsmaßregeln für die Arbeiterschaft etwas erreicht werden. — *a)* Da ein vollkommen entsprechender Ersatz des Schwefelkohlenstoffes durch einen minder giftigen Stoff bisher noch nicht gelungen scheint, so ist die Schwefelkohlenstoff-Chlorschwefelmischung heute noch in ihrer alten Zusammensetzung in Gebrauch;[2]) einzelne Autoren wollten die Giftigkeit dieser Mischung auf Verunreinigungen zurückführen (z. B. mit Schwefelwasserstoff); doch ist diese Ansicht ebenso unrichtig wie die Anschauung, daß der Chlorschwefel das giftige Prinzip sei, da sich dieser in der Luft der Vulkanisierräume gar nicht nachweisen läßt (wegen des geringen Gehaltes der Mischung an diesem Stoffe und wegen seiner leichten Zersetzbarkeit). Giftig wirkt demnach ausschließlich der Schwefelkohlenstoff in der Mischung und man kann sich, wie erwähnt, von dieser giftigen Verbindung beim Vulkanisieren kaum emanzipieren, daher muß man zu *b)* Ventilations- und allgemeinen Verhaltungsmaßnahmen Zuflucht nehmen, welche vor allem in folgendem bestehen: 1. Die gehörig gelüfteten Vulkanisierräume müssen von den

---

[1]) In Grießheim wird nunmehr Tetrachlorkohlenstoff dargestellt, welcher als Extraktionsmittel bedeutende Vorzüge besitzt (sowohl gegenüber Benzin als gegenüber Schwefelkohlenstoff).

[2]) Vielfach steht Benzin und Benzol in Verwendung; beide Verbindungen können gleichfalls durch ihre Dämpfe gefährlich werden (siehe die betreffenden Kapitel).

übrigen Lokalitäten des Betriebes strenge getrennt sein. 2. Die Schwefelkohlenstoff enthaltenden Gefäße müssen mit besonderen Absaugvorrichtungen für die entströmenden Gase versehen sein. Wir haben bereits erwähnt, wie Recknagel in ingeniöser Weise sämtliche Schwefelkohlenstoffgefäße einer Berliner Fabrik in einem Luftkanale anbrachte, welch letzterer über jedem Manipulationsgefäße eine mit Holzdeckel verschließbare Öffnung besitzt; der Kanal wird von einem mit Exhaustorarbeit beförderten kräftigen Luftstrome durchzogen. Sehr zweckmäßige Einrichtungen, betreffend die Ventilation in Vulkanisierwerkstätten, findet der Leser beschrieben im Jahresberichte pro 1900 an das Ministerium für Industrie in Brüssel (wiedergegeben in der Zeitschr. f. Gewerbehygiene 1902, Nr. 1). — 3. Abtrennung der Trockenräume; das Trocknen hat in Trockenschränken oder Digestorien unter Exhaustion zu geschehen. — 4. Das Herausholen der vulkanisierten Gegenstände soll mittels zweckmäßiger Geräte und nie mit den Händen geschehen. Die Objekte sind sofort mittels Tragbahren in die Trockenräume zu befördern und nicht etwa — wie es öfter geschieht — am Boden auszubreiten.

IV. Die Textilindustrie.

Wir besprechen einige interessante Details dieser Industriebranche, für welche die Ventilation und die Ventilationsvorschriften von eminenter Wichtigkeit sind.

1. Flachs- und Hanfverarbeitung.

Hier ist es vor allem das Trocknen des Flachses und Hanfes nach der „Röstung" (Rotte), welches aus technischer und hygienischer Rücksicht besonderer Ventilationsvorrichtungen bedarf. Die Darren und Trockenkammern müssen, um schnell und rationell zu trocknen, von einem Strome erwärmter, trockener Luft durchzogen werden, welcher zugleich die oft penetranten Emanationen des zu trocknenden gerösteten Gutes mit sich fortnimmt.

Außerordentlich belästigende Dünste entwickeln sich ferner in den Batschräumen und Lagerräumen; sie stammen von der Batschflüssigkeit her, welche zumeist neben Seife $^1/_6$ ihres Gewichtes an Robbentran enthält.

Auch die im Naßspinnsaale Beschäftigten werden sehr durch übelriechende Dünste belästigt. Diese Räume, sowie insbesondere auch die Räume, in denen die Garne nach dem

Naßspinnen getrocknet werden, bedürfen einer entsprechenden Lüftung.

Durch arge Staubbelästigung sind die in den Hechelräumen (Seilerei) Beschäftigten geplagt; hier muß für Entstaubung gesorgt werden, da sich bei den Arbeitern sonst das gefürchtete „Hechelfieber" einstellt.

2. Baumwolle.

Die Auflockerungs- und Reinigungsarbeiten und sonstigen vorbereitenden Prozeduren an der in gepreßten Ballen importierten Baumwolle gehen mit einer enormen Staubentwicklung vor sich.

Die Beseitigung des massenhaften, voluminösen Baumwollstaubes, welcher sich an den Schlagmaschinen, dem Reißwolfe und den sonstigen derartigen Bearbeitungsmaschinen (Opener, Willow, Wipper) entwickelt, ist eine Existenzfrage für den Arbeiter und für den Betrieb selbst. Von den Staubquantitäten können wir uns einen Begriff machen, wenn wir in Betracht ziehen, daß (nach Pappenheim) bis 14% des Gewichtes des Rohmateriales bei der Verarbeitung zu Staub wird.

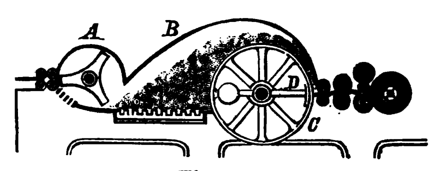


Fig. 41.
Schlagmaschine mit Staubabsaugung (schematisch).

Die Ventilation der Arbeitsmaschinen (vergl. Fig. 41 und Fig. 42) erhält nicht nur den Arbeiter gesund und den Betrieb rein, sondern sie hilft auch mit die Ware entstauben; die Reinigung ist eine weit vollkommenere; das Produkt gewinnt an Güte. Die Arbeitsmaschine wird zu diesem Zwecke mit einer Verschalung oder sonstigen Ummantelung versehen; auf den Innenraum des Gehäuses wirkt der kräftige Zug eines Exhaustors ein.

Die Fig. 41 stellt eine Schlagmaschine mit Staubabsaugung dar. Die gröbsten Verunreinigungen fallen durch den Rost, über welchen das Material aus dem Schlaggehäuse *A* zur Trommel *C* hinüber gelangt, aus welcher der feine Staub durch einen Exhaustor abgesogen wird. Hierauf wird das Fließ durch Walzenpaare auf die Wickelwalze geleitet und aufgerollt.

Die Appretur des Garnes durch Dämpfen und Sengen verdirbt die Luft der Lokalitäten, in denen diese Prozeduren vor sich gehen. Hier muß daher auf die Ventilation dieser Räume gesehen werden.

3. Wolle.

Das Sortieren des Rohmateriales ist wegen der Staubentwicklung oft gefahrbringend. Der Wollstaub kann oft hochgradig infektiös sein, indem er Milzbrandbazillen enthält, welche die Erreger der bekannten „Sortiererkrankheit" sind.

Das Öffnen der Ballen und Sortieren der Ware hat daher auf einem „ventilierten Tisch" zu geschehen. Die Platte des Sortiertisches (Fig 43) ist durch ein je nach Bedarf feines oder gröberes Drahtgitter ersetzt, welches den Eingang in einem unter dem Tische angebrachten Trichter verschließt, der mit einem Exhaustor in Verbindung steht. Auch hier wird zugleich

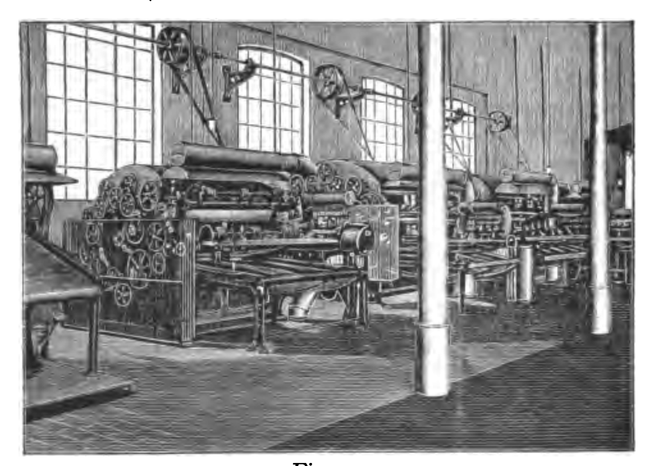


Fig. 42.
Entstaubung einer Karderie.
(Durchgeführt von Ingenieur Recknagel, München-Wiesbaden.)

der technische Vorteil der Reinigung — Entstaubung — beim Sortieren erzielt.

Bei der Extraktion des Wollschweißes mit Spiritus, Äther und insbesondere mit Schwefelkohlenstoff (Naphtha, Benzin) belästigen die Dämpfe der Extraktionsmittel.

Beim Krempeln in der Wollspinnerei ist eine den Dunst abhaltende Verschalung der Krempel angeblich unzulässig, da hierdurch die Verdunstung gehemmt wird; dies kann natürlich nur für die nicht ventilierte Verschalung gelten, da der Zug in einer ventilierten, mit dem Exhaustor verbundenen Verschalung die Verdunstung ja nur unterstützen kann; falls nicht soweit vorgesorgt ist, muß wegen Staub- und Dunstentwicklung beim Krempeln der betreffende Arbeitsraum sehr energisch ventiliert werden.

4. In der Kunstwolleindustrie bringt der Staub beim Sortieren der als Rohmaterial dienenden Lumpen und Abfälle die Gefahr der Hadernkrankheit neben einer bedeutenden Belästigung mit sich und ist daher auch hier die Verwendung der ventilierten Sortiertische, ferner ventilierter Haderndrescher und die Ventilation sonstiger staubentwickelnder Apparate dringend anzuraten.

Eine arge Belästigung der Arbeiterschaft und Umgebung kommt beim Karbonisieren der Kunstwolle zustande, bei welchem das Materiale einem Säurebad (Schwefel- und Salzsäure- oder nur Schwefelsäurelösung) in Bleikufen oder gasförmigen Säuren, d. h. Säuredämpfen ausgesetzt ist. Wenn hier nicht sehr rationell vorgegangen und gelüftet wird, respektive die Dämpfe abgeführt werden, kommt es zu den auf Seite 112 (Säuredämpfe) dargelegten Belästigungen und Gefährdungen der bei dieser Prozedur Beschäftigten.

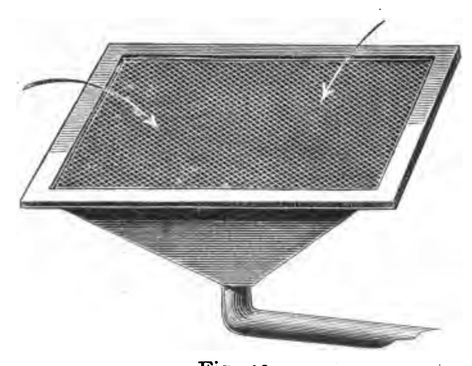


Fig. 43.
Ventilierter Sortiertisch.

5. Beim Seidehaspeln (Spinnen) entwickeln sich Wasserdämpfe und übelriechende Ausdünstungen. Wenn für Abzug nicht gesorgt wird, ist die Luft der Arbeitsräume in den Filanden im höchsten Grade verunreinigt.

Das Schlagen der Kokons im heißen Wasser, das Mazerieren etc. verdirbt gleichfalls die Luft im höchsten Grade. Diese Schädlichkeit wirkt auf die Arbeiter derart ein, daß man sie an ihrer fahlen Gesichtsfarbe, ihrem gedunsenen Aussehen, welche durch Bleichsucht und Verdauungsstörungen bedingt werden, erkennt. Von dieser „Morbus Rumplioni" benannten, charakteristischen Erkrankung werden insbesondere die in schlecht ventilierten Krempelräumen beschäftigten Arbeiter befallen (Göttisheim).

Der Ventilation bedarf die Seidenindustrie ferner beim Trocknen der degumierten Seide aus technischen und hygienischen Rücksichten, da durch Lüftung der Trockenschränke der Prozeß beschleunigt und die belästigenden Dünste abgeführt werden.

Von den Gefahren, welche in der Seidenbleicherei die Verwendung der schwefligen Säure mit sich bringt, sprachen wir bereits.

6. In der Seidenabfall-(Florett-)Industrie sind folgende Prozeduren als Quellen der Luftverderbnis besonders hervorzuheben: Das „Fäulen" der Seide durch Kochen in Kali oder Natron (vom gewerblich-hygienischen Standpunkte müssen die im Freien stehenden Gruben vorgezogen werden, sobald sie nicht zu nahe bei menschlichen Behausungen angelegt sind); das Krempeln (wegen Staubentwicklung); das Gasieren und Sengen des Fadens (Entwicklung gesundheitsschädlicher Dämpfe und Emanationen).

7. Die Erzeugung künstlicher Seide nach dem Verfahren von Chardonnet aus Zellulose durch Nitrieren (der gewaschenen und zuerst mit Schwefelsäure durch längere Zeit behandelten) Zellulose mittels einer Schwefel-Salpetersäuremischung. Die so

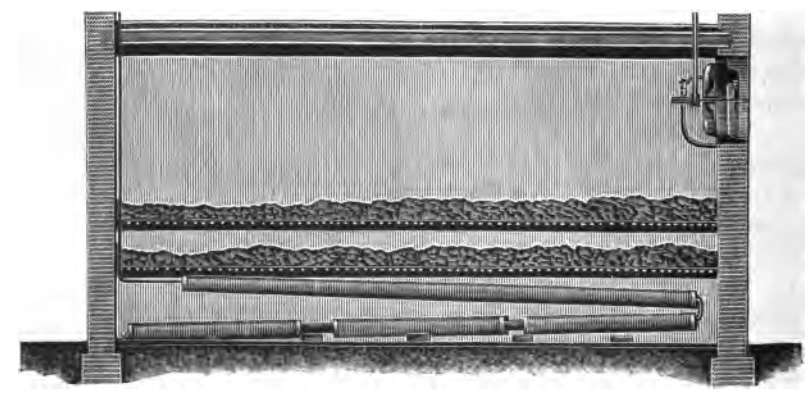


Fig. 44 a.
Trocknung von loser Wolle auf perforierten Blechen mittels „Challenge"-Luftpropeller; die Heizung erfolgt unterhalb der Bleche durch Rippenrohre, die Luftzuführung ist seitlich angeordnet.

erzeugte Nitrozellulose wird (nach Auspressen, Waschen und Trocknen) in einer Mischung von Äther und Alkohol zu Kollodium gelöst, durch Zusätze (Ricinusöl, Kampher, Toluol) in eine teigige Masse umgewandelt, dann in Faden ausgezogen und aufgehaspelt, das explodierbare Gespinst wird dann mittels Essigsäure ungefährlich gemacht.

Dieses interessante Verfahren bedarf künstlicher Ventilationsvorrichtungen bei den Nitriergefäßen (Abzüge und Schlote). Ferner ist eine energische Ventilation jener Räume, in denen sich Äther- und schwefligsaure Dämpfe (Denitration) entwickeln, notwendig.

8. Die Weberei bedarf insbesondere gut gelüfteter Spul- und Scherlokalitäten.

Das Schlichten und das darauffolgende Trocknen der geschlichteten Kette erregt unser Interesse. Die Schlichtmasse besteht aus gequollenen Stärkesubstanzen und allerhand leimgebenden Stoffen, deren bei der leichten Zersetzlichkeit sich bald entwickelnde Ausdünstungen um so mehr belästigen, als noch verschiedene, oft übelriechende Zusätze der Schlichte beigefügt werden und in den Schlichtlokalitäten sehr hohe Temperaturen herrschen. Hier muß durch kräftige Lufterneuerung die Existenz der Beschäftigten erträglich gemacht werden. Netolitzky (in Weyl) hebt den großen Vorteil, welchen die Verwendung der Sitzing-Schlichtmaschine gegenüber der Kurbelschlichtmaschine bietet, besonders hervor. Während im letzteren

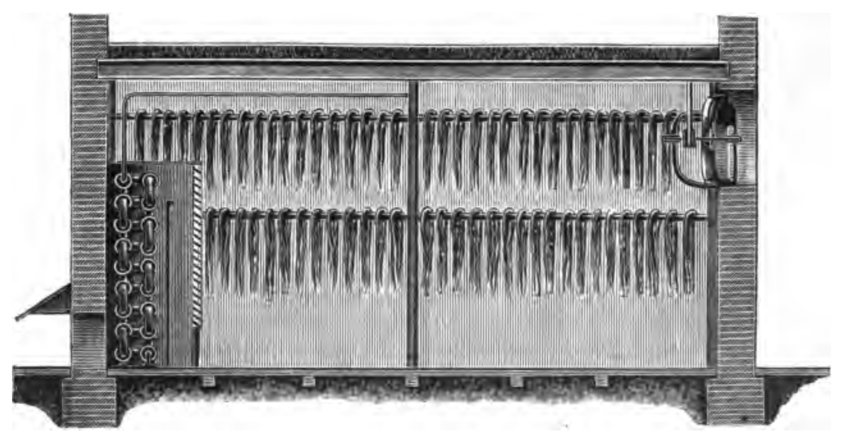


Fig. 44 b.

Das Trocknen von gebleichten oder gefärbten Garnen mittels „Challenge" - Luftpropeller und Warmluft. Diese Art Trocknung erhält das Garn weich und geschmeidig und gibt der Farbe ein frisches Aussehen.

Falle warme Luft mittels Ventilators in das Arbeitslokale eingetrieben werden muß und hierdurch dasselbe bis zur Unerträglichkeit überhitzt wird, geschieht bei der Sitzingmaschine das Trocknen durch mit Dampf beheizte Zylinder oder wird die in Röhren erhitzte Luft von einem Flügelrade gegen das Garn geschleudert, wodurch die im Kasten befindliche Kette rasch trocken wird. Der Arbeiter, der hierbei wenig durch Hitze leidet, wird vollends vor Belästigung geschützt, wenn oberhalb der Trockenvorrichtung ein Dunstfang mit Exhaustor sich befindet oder wenn — wie bei den neueren Lufttrocken-Sitzingmaschinen — die ganze Vorrichtung in einem geschlossenen Kasten mit Heißluftzufuhr und -Abfuhr mittels Ventilators untergebracht ist.

Die Gefahr, welche den Jacquardwebern durch Vergiftung mit Bleistaub droht, welcher sich durch das Aneinanderreiben der am Jacquardstuhle angehängten Bleigewichte entwickelt, wurde bereits erwähnt. Wenn auch durch die Ventilation der Weberäume hier teilweise Abhilfe, respektive Herabminderung der Gefahr bewerkstelligt werden kann, so ist doch der Ersatz der Bleigewichte durch Eisen- oder Stahlmantelgewichte jedenfalls dringend anzuraten.

9. Diejenigen Arbeiten in der Textilindustrie, welche teilweise während der Herstellung, teils erst nach der Fertigstellung des Gewebes vorgenommen werden, um dasselbe schön und verkaufsfertig zu machen, geben oft zu außerordentlich belästigenden und mitunter auch nicht ungefährlichen Verunreinigungen der Betriebsatmosphäre Veranlassung — teils durch Entwicklung von Staub, teils durch Dämpfe und Dünste.

Wir heben die Gesichtspunkte hervor, welche für die ventilatorischen Maßnahmen bei diesen unter dem Namen „Appretur" zusammengefaßten Zurichtarbeiten der Textilindustrie gelten, den ausführlichen Darstellungen Netolitzkys (siehe oben) über die Hygiene der Textilindustrie im allgemeinen folgend:

Das Waschen der wollenen Gewebe zum Zwecke der Entfernung von anhaftendem Fette geschieht in Sodalaugebädern, deren Dämpfe, falls nicht die nötigen Anordnungen für Abfuhr getroffen, die Arbeitsräume erfüllen.

Bedeutungsvoller noch, weil durch die Qualität der gasigen Luftverunreinigungen gefährlicher, ist das Karbonisieren. Nach einem kurzen Säurebade (behufs Entfernung vegetabilischer Verunreinigungen) wird das Wollgewebe ausgeschleudert und jäh getrocknet (über 100° C.).

Nach Beseitigung der karbonisierten Verunreinigungen durch Bürsten und Klopfen und einem Sodalaugebade behufs Neutralisation folgt nochmaliges Trocknen. Bei diesen Prozeduren gibt es natürlich eine heftige und massenhafte Entwicklung von Staub und gefährlichen Gasen, welche unbedingt durch Exhaustoren entfernt werden müssen. Die hygienische klaglose Anordnung von abgeschlossenen Trockenkammern mit Exhaustion fällt dem Industriellen um so leichter, als die Anwendung der Exhaustion die schnelle Trocknung begünstigt; die Entstaubung gestaltet sich einfach, wenn mittels Maschinen geklopft wird, welche mit einem ventilierten Gehäuse versehen werden.

Die Walkräume — hier werden die Gewebe durch Handarbeit oder maschinelles Kneten verfilzt — bedürfen einer

kräftigen Ventilation, da den Walkflüssigkeiten außerordentlich übelriechende Dünste entsteigen, zumal diese Flüssigkeiten allerhand oft leicht zersetzliche Ingredienzien erhalten.

Das Trocknen nach dem Walken geschieht nun wieder zweckmäßigerweise durch Aufhängen der Gewebe in eigenen kräftig ventilierten Trockenkammern, welche durch mit Dampf geheizte Röhren oder durch mit Ventilatoren eingetriebene Heißluft erwärmt werden (vergl. auch Fig. 44).

Einen üblen Einfluß auf die Gesundheit der Arbeiterschaft nimmt das „Sengen" der Gewebe — das Verbrennen der feinen abstehenden Härchen und Fäserchen mittels offener Flamme oder durch rasches Hinüberführen der Gewebe über glühende Platten und Zylinder. Das Abführen der belästigenden Verbrennungsgase ist selbstredend leichter, wenn Sengmaschinen in Verwendung stehen; sonst muß für entsprechend reichlich bemessenen Luftkubus bei bedeutender Höhe der Räume und First- oder zweckmäßiger Saugkaminventilation gesorgt werden. Die beim Sengen sich entwickelnden Gase sind vom gesundheitlichen Standpunkte um so bedenklicher als denselben auch das gefährliche Kohlenoxydgas beigemengt ist. Die Ventilation muß hier ferner auch die Milderung der oft bis zur Unerträglichkeit gesteigerten Hitze in den Sengräumen und die Beseitigung des feinen Kohlenstaubes und Rußes aus der Atmosphäre erreichen.

Überdies müssen wir auch bei der Appretur mit der Staubentwicklung beim Scheren, Rauhen, Mustern und Schleifen der Stoffe rechnen. Die Vornahme dieser Prozeduren mit der Hand ist gefährlich; die Maschinen — deren allgemeine Einführung durchaus wünschenswert wäre — müssen verschalt werden und muß die Verschalung mit Exhaustion in Verbindung gesetzt werden.

Handelt es sich um gestärkte oder sonst wie zugerichtete (wasserdichte, lackierte) Gewebe, so kommt bei den genannten Manipulationen auch noch die Staubentwicklung, welche durch Verstäuben der beim Zurichten verwendeten Präparate hervorgerufen wird, hinzu. Es muß untersagt werden, daß hierbei direkt giftige Stoffe in Verwendung treten. Die Räume müssen wohl ventiliert, die Maschinen womöglich verschalt und ventiliert sein.

Besonders erwähnt sei der wasserdichten Kautschukstoffe, deren Herstellung insoferne bedenklich ist, als zum Lösen des Kautschuks, welcher eben teilweise in Lösung oder Teigform auf die Stoffe aufgetragen wird, Schwefelkohlenstoff in Anwendung kommt. Über die Giftigkeit dieses Stoffes haben wir auf

Seite 120 gesprochen. Die Arbeitsräume, in welchen die genannte Prozedur vorgenommen wird, bedürfen besonderer Ven-

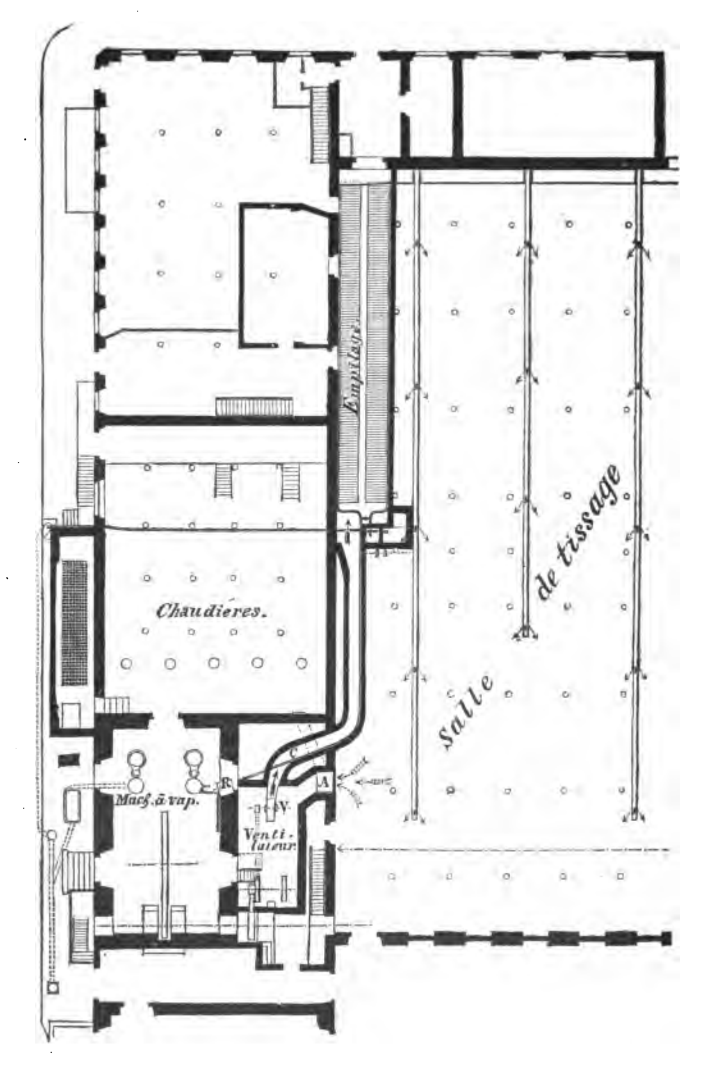
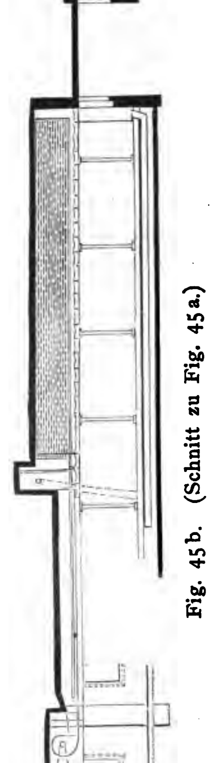


Fig. 45 a.
Ventilation eines Webereisaales bei Schlumberger in Mülhausen.
(Von dem Saale erscheint nur etwa ein Viertel dargestellt.)

tilationsmaßnahmen, wie überhaupt sämtliche Lokalitäten, in denen mit Schwefelkohlenstoff gearbeitet wird.

Wir waren bemüht, die wichtigsten Vorgänge hervorzuheben, welche die Notwendigkeit der Lüftung in der Textilindustrie beleuchten.

Der Leser dürfte bei näherer Prüfung der Verhältnisse zu der Einsicht gekommen sein, daß gerade in der Textilindustrie der Ventilationsingenieur vielfach nicht an die Maschine mit seinen Entstaubungsvorrichtungen heran kann. Die Maschinen, und zwar gerade oft diejenigen, welche am meisten Staub erzeugen, sind zu kompliziert, als daß man sie ummanteln und abschließen könnte, um der Staubgefahr zu steuern. Die Maschinen müssen zugänglich sein. Selbst in Fabriken, welche sonst in der Tat bemüht sind, für ihre Arbeiter alles Erdenkliche zu tun, fand ich die Karden und Kratzmaschinen etc. weder ummantelt, noch mit separaten Staubabsaugern versehen. Ich glaube, daß sich die bezüglichen Einrichtungen — Netolitzky führt deren in seiner mehrerwähnten Spezialabhandlung einige an — noch nicht genügend bewährt haben, um allgemein empfohlen zu werden.


Fig. 45b. (Schnitt zu Fig. 45a.)

Hier muß demnach die Ventilation der Räume selbst alles ersetzen; überdies müssen die Lokalitäten groß und hoch sein.

Die Einrichtung gehöriger, ausgiebiger Ventilationsanlagen in Spinnereien und Webereien wurde mir gegenüber von Fachmännern als conditio sine qua non für den geregelten Betrieb eines Großetablissements hingestellt. Die Ventilationsanlagen müssen hier mit den technisch unbedingt erforderlichen Luftbefeuchtungsanlagen in Verbindung gebracht werden.

Wir erwähnten bereits auf Seite 86 ff., wo wir von den Luftbefeuchtungsanlagen im allgemeinen sprachen, daß speziell die Textilindustrie eines bestimmten Luftfeuchtigkeitsgrades aus technischen Rücksichten bedarf. Die Grenzen sind da ziemlich eng gezogen; ein tadelloser Betrieb bedarf daher umfangreicher Einrichtungen in dieser Beziehung, damit tatsächlich das erreicht werde, was man zu erreichen beabsichtigt. Es muß möglich sein, die Luft-

feuchtigkeit auf einer bestimmten Höhe zu erhalten, d. h. der Raum- und Außentemperatur entsprechend die Sättigung mit Wasserdampf zu regulieren — denn mit der Schwankung der Temperatur ändert sich ja die zur Erhaltung der gleichmäßigen Sättigung (d. h. des gleichen Sättigungsdefizites, beziehungsweise der gleichen Stufe relativer Feuchtigkeit) notwendige Menge Wasserdampf (d. i. sogenannter absoluter Feuchtigkeit, siehe Seite 8). Die Feuchtigkeit muß daher ständig gemessen werden.

Der Industrielle, beziehungsweise der Techniker ist in der Lage, bei entsprechender, allerdings nicht kleinlicher Einrichtung des Apparates gleichzeitig die Luft der Fabriksräume zu befeuchten, zu entstauben, zu kühlen, respektive zu beheizen und zu lüften. Eine derartige große Anlage sah ich in der „Filature et tissage de la cité Vaucher" in Mülhausen. Die Spinnerei ist mit einem Luftschacht versehen, welcher hoch über Dach mittels durch Regulierklappen verschließbarer Ventilationskamine die Luft entnimmt, indem dieselbe durch einen am Boden des Schachtes im Souterrain aufgestellten mächtigen Zentrifugalexhaustor angesogen wird. Die Luft passiert zunächst eine Filteranlage und dann mehrere Regenkammern und wird alsdann in die Werstätten gedrückt. Der Luftzutritt einerseits, ferner der Zutritt der Wassermenge zu den Regenkammern, sowie die Temperatur des befeuchtenden Wassers ist (letztere mittels Mischhahn) regulierbar; überdies ist natürlich durch Herabminderung der Tourenzahl des Exhaustors die Möglichkeit einer weiteren Regulierung gegeben, so daß man tatsächlich den gewünschten Feuchtigkeits- und Wärmegrad in den Werkstätten stets erzielen kann. Bei der am Tage meines Besuches herrschenden Hitze war die Luft der Werkstätten geradezu erfrischend zu nennen. Auch in dem Saale, wo die Karden und Reinigungsmaschinen arbeiten, war die Luft nicht sehr mit Staub beladen, trotzdem eine Exhaustion, respektive Aspirationsventilation nicht in Anwendung war; von kompetenter Seite wurde mir erklärt, daß sich eine solche Maßnahme nicht bewährt habe, weil der Staub dadurch allzusehr aufgewirbelt werde. Man könne ohne Abzug mit dem bloßen Einpressen feuchter Luft sein Auskommen finden und sich darauf verlassen, daß der feine Staub durch die „natürlichen" Öffnungen der Säle (Fenster, Türen) herausgedrückt werde, während sich die gröberen und dadurch ungefährlicheren Staubpartikelchen ruhig in Flocken zu Boden senken, dem feuchten Boden anhaften und von da weggeräumt werden. Tatsächlich konnte man an geöffneten Türen das langsame Entweichen der Staubluft beobachten.

Andere Fachmänner (Recknagel) ziehen allerdings die gleichzeitige Exhaustion, beziehungsweise Aspirationsventilation in derartigen Fällen vor und behaupten, daß bei richtiger Anlage der Öffnungen und richtiger Verteilung der Luftströmung es auch dann zu einer Staubaufwirbelung nicht kommen kann

Es hat sich vielfach auch in der Textilindustrie die Zirkulationsventilation bewährt, welche die abgeführte Werkstättenluft filtriert und nach abermaliger Herstellung des gewünschten Feuchtigkeits- und Wärmegrades wiederum in die Werkstätte einführt. Als Filter werden für den faserigen Textilstaub vielfach die „maschenlosen Fiechter"-Filter (siehe Fig. 35) angewendet, da sich Filterstoffe zu leicht verlegen und nur schwer von dem festhaftenden Staube befreien lassen.

Nebenbei sei erwähnt, daß durch eigene, in den Werkstätten der Filature et tissage Vaucher aufgestellte, registrierende Apparate die Temperatur und die Feuchtigkeit der Räume stetig gemessen und verzeichnet und nach den Aufzeichnungen in der beschriebenen Weise reguliert wird.

Ein ähnliches, in der Literatur klassisch gewordenes Beispiel einer derartigen Anlage findet sich bei Kunz in Zürich (Spinnerei); „die Luft wird durch Brausen befeuchtet, durch Radgebläse in lotrechte Wandkanäle getrieben, aus denen sie in Kanäle strömt, welche unter der Decke der Arbeitsräume angebracht sind; von hier gelangt die Luft durch seitliche Schlitze in die Räume; die Luft wird aus dem Freien entnommen; die verunreinigte Luft entweicht durch die mehr oder weniger geöffneten Fenster" (Hartmann); hier kann man sich um so leichteren Herzens mit diesem Systeme ohne Exhaustion begnügen, als die Staubbildung (Seidenspinnerei) nicht in Rechnung kommt. Nur im Winter kommt hier unter Anwendung von Zirkulationsventilation und Beheizung mit im Abluftkanale angebrachten Dampfrippenrohren auch Exhaustion in Anwendung.

Die Erfolge, die mit dieser Anlage erzielt wurden, scheinen ebenso befriedigend zu sein wie die, welche man mit der beschriebenen Anordnung in Mülhausen erzielte.

Durch die besondere Güte des Herrn Generalsekretärs der Société industrielle in Mülhausen erhielt ich eine reiche Literatur über den soeben besprochenen, so interessanten Gegenstand. Ich empfehle dem Leser, der sich für diese sehr lehrreichen Beispiele und Versuche über Ventilations- und Befeuchtungstechnik interessiert, wärmstens die Lektüre folgender Artikel aus dem „bulletin de la société industrielle de Mulhouse": 1891 octobre-novembre pag. 551 „la ventilation et l'humidifi-

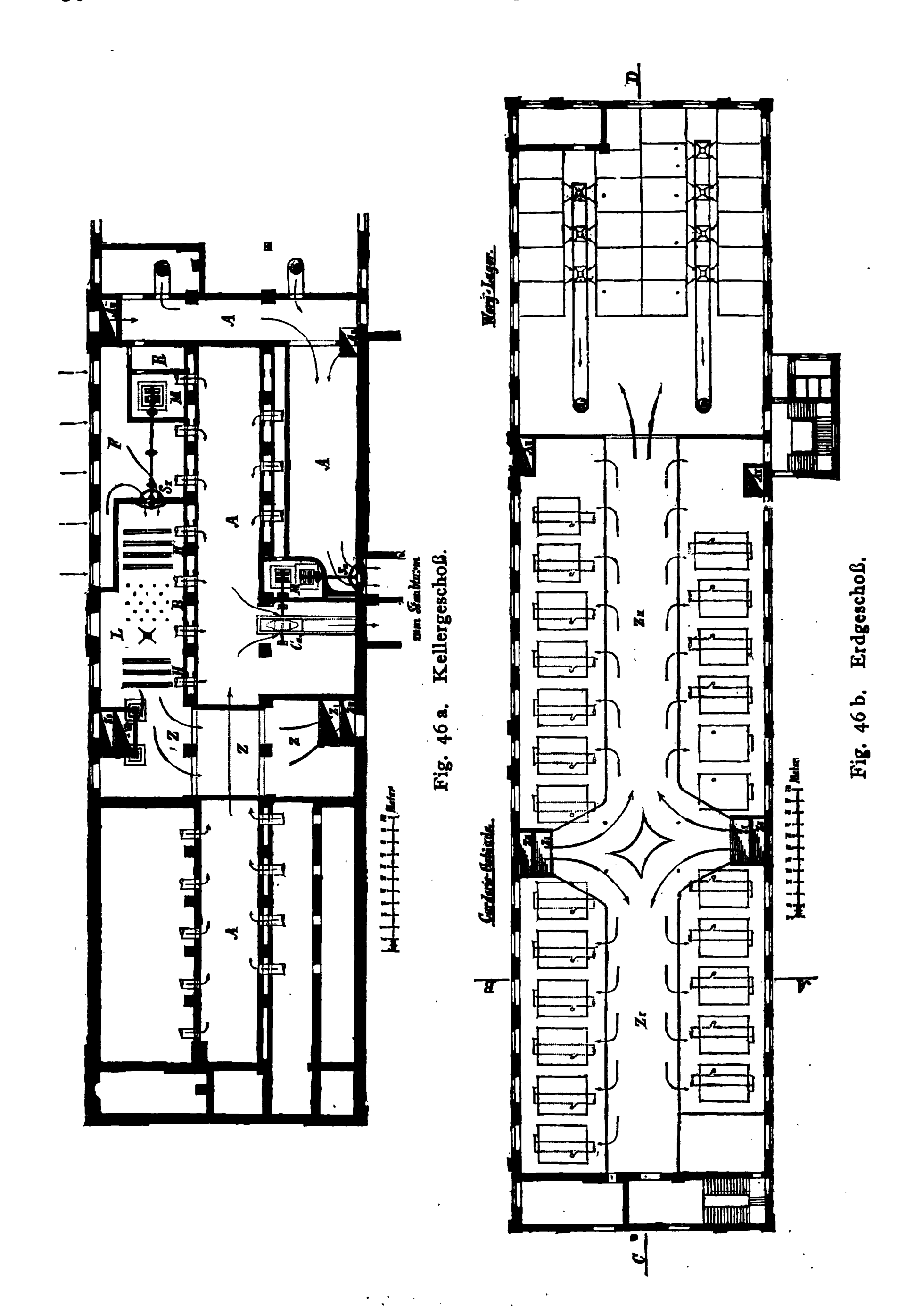


Fig. 46 a. Kellergeschoß.

Fig. 46 b. Erdgeschoß.

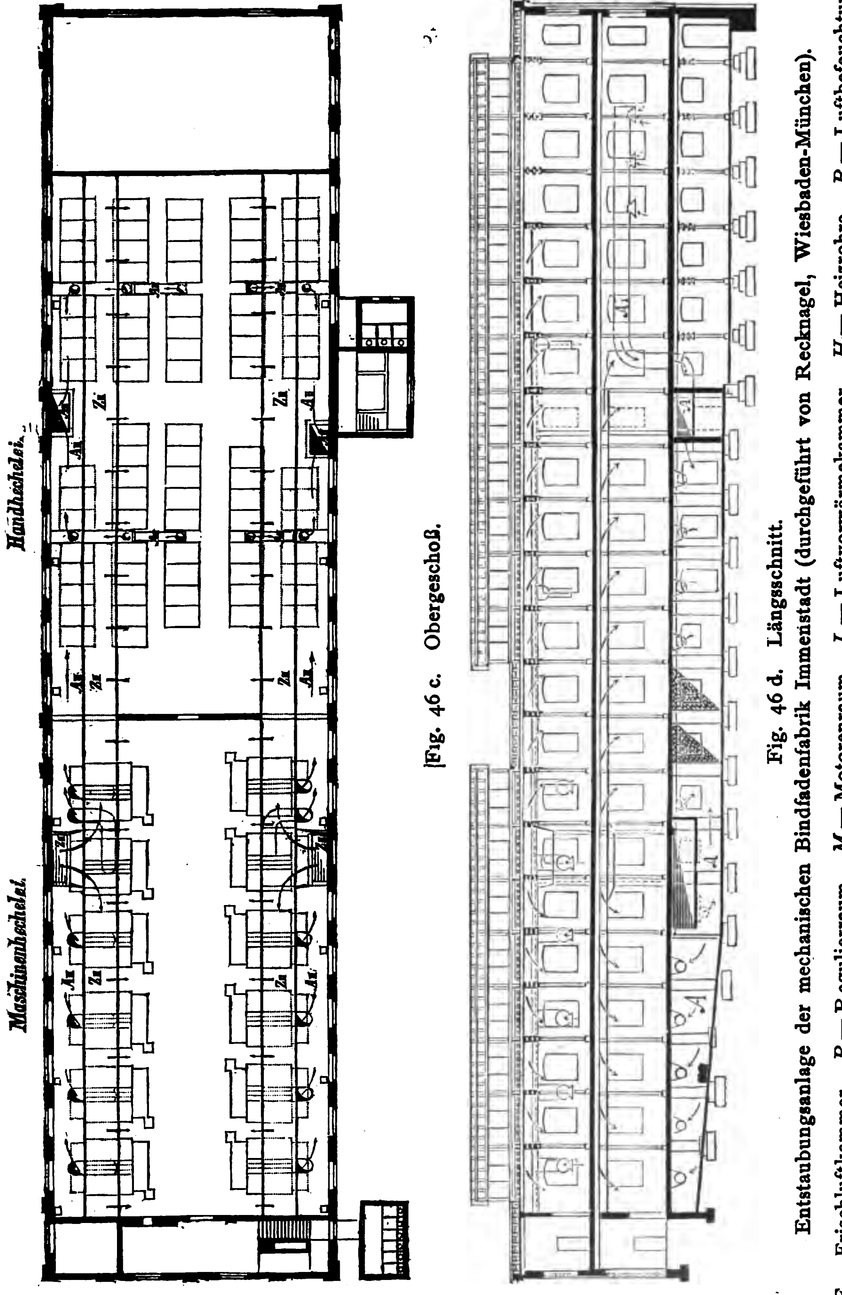


Fig. 46 c. Obergeschoß.

Fig. 46 d. Längsschnitt.

Entstaubungsanlage der mechanischen Bindfadenfabrik Immenstadt (durchgeführt von Recknagel, Wiesbaden-München).

F = Frischluftkammer. R = Regulierraum. M = Motorenraum. L = Luftvorwärmekammer. H = Heizrohre. B = Luftbefeuchtung. Sz = Schraubenventilator für die Zuluft. Sa = Schraubenventilator für die Abluft. Ca = Zentrifugalventilator für die Abluft der Karderie. Z = Hauptzuluftkanal. A = Abluftsammelkanal. ZI = Zuluft zum Erdgeschoß. ZII = Zuluft zum Obergeschoß. AI = Abluft vom Erdgeschoß. AII = Abluft vom Obergeschoß.

cation des ateliers (Pierron). — 1895 Mai: pag. 140 recherches sur la ventilation des salles de filature et de tissage. — 1893 Juin pag. 212: dtto. — 1890 octobre-novembre pag. 445: note sur les installations pour la ventilation, humidification etc. (Pierron).

Besonders empfiehlt sich auch das Studium der den zitierten Texten beigegebenen Pläne und Zeichnungen, deren eine wir in Fig. 45 wiedergeben.

Einige Angaben aus dieser Literatur findet der Leser bei Hartmann in Albrechts Gewerbehygiene.

Zum Schlusse unserer Erörterungen über die Textilindustriebranche stellen wir gleichsam als Testobjekte in den Figuren 46 und 47 zwei Musteranlagen dieser Art, durchgeführt von Recknagel (München-Wiesbaden) für die Fabriken in Immenstadt und Pöchlarn dar.

Diese Anlagen, sowie die oben in Fig. 40 dargestellte Ventilation der Gußputzerei Sulzer in Winterthur sind von besonderem Interesse, weil sie wohl die größten, derzeit existierenden Ausführungen dieser Art vorstellen.

„Der Staub wird an den Maschinen und Arbeitsplätzen gleich bei seiner Entstehung so abgesaugt, daß er nicht in den Bereich der Atmungsorgane der Arbeiter gelangen kann. Die einzelnen Abluftkanäle werden vereinigt und großen Sammelkanälen im Souterrain zugeführt, von wo dann die Staubluft durch elektrisch betriebene Ventilatoren in einen Staubturm gedrückt wird, um nach vorheriger teilweiser Niederschlagung des Staubes durch einen Wasserregen in angemessener Höhe ins Freie zu entweichen. Frischluft wird mittels besonderen Ventilatoren aus dem Freien den Arbeitssälen zugeführt; um bei herrschender Kälte Luftzug zu verhüten, wird die Frischluft an dampfbeheizten Rohren in der Heizkammer erwärmt, wobei gleichzeitig eine angemessene Befeuchtung durch Wasserstreudüsen oder direktem Dampf erfolgen kann. Menge, Temperatur und Feuchtigkeitsgehalt der Ventilationsluft können leicht auf jedes gewünschte Maß eingestellt werden und sind die hierzu nötigen Vorrichtungen in übersichtlicher Weise in einem zentralen Regulierraume angeordnet" (Recknagel).

Wir besprachen die Lüftung in der Textilindustrie ausführlicher. Die erkannten Tatsachen sind ein Beweis mehr, daß die technische Hygiene und die Technik einander nicht feindlich gegenüberstehen, sondern in vielen und schwierigen Problemen, vor die uns die Praxis stellt, sich zur gemeinsamen Spekulation vereinen.

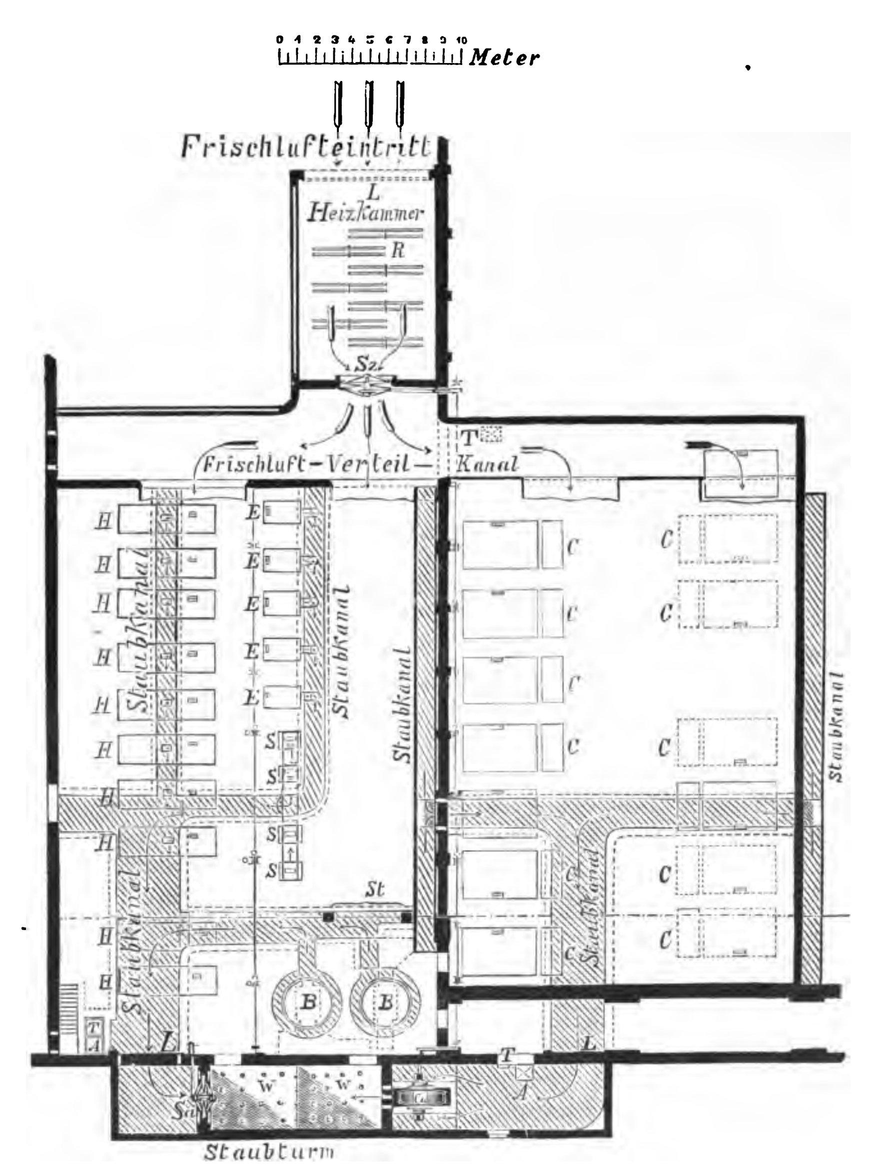


Fig. 47.

Grundriß zur Entstaubungsanlage der Hanf-, Bindfaden- und Seilfabrik in Pöchlarn (durchgeführt von Recknagel, Wiesbaden-München).

C = Karden. E = Englische Reiben. B = Birnreiben. H = Hechelmaschinen. S = Schneidmaschinen. St = Schlenzerstand. L = Hauptabschlüsse für die Zu- und Abluft. R = Heizrohre. Sz = Schraubenventilator für die Zuluft. Sa = Schraubenventilalor für die Abluft. Ca = Zentrifugalventilator für die Abluft der Karderie. W = Wasserstreudüsen. T = Einsteigtüren. A = Aufzug für Staubabfall.

Anhangsweise

widmen wir an dieser Stelle einige Worte der Bedeutung der Ventilation in der

Färberei, Wäscherei, Bleicherei und Druckerei.

Der Färber leidet vielfach durch die Verstäubung von Giftfarben; wir können diesbezüglich auf die Kapitel verweisen, welche die Schädlichkeit der chemischen Farbenindustrie (Anilinfarben etc.) behandeln. — Oft wird die Luft durch Übersättigung mit Wasserdampf in den Lokalitäten der genannten Industriezweige schier unerträglich. Die „Schwaden" und „Wrasen", die sich in den Arbeitsräumen bilden, sind nicht nur wegen der Durchnässung der Arbeitskleider etc. gesundheitsgefährlich, sondern es erhöht auch ihr Auftreten die Unfallsgefahr im Betriebe (undeutliches Wahrnehmen der Gegenstände, Ausgleiten auf dem stets schlüpfrigen Fußboden). Gegen diese schwere und gefährliche Belästigung läßt sich nur mit den auf Seite 176 erörterten Entnebelungsanlagen ankämpfen. Die Lüftung allein (Anbringung von Abzugsöffnungen etc.) vermag da, besonders in der kälteren Jahreszeit, wo die Nebelbildung besonders belästigend wirkt, nicht abzuhelfen.

Gefährlich wird die Chlor- und Schwefelbleiche durch die sich entwickelnden Gase und Dämpfe. Das Beuchen, Entschlichten, Kochen und Waschen erzeugt übelriechende Dämpfe, die die Luft mit Wasserdampf übersättigen. Die Chlorbleiche erfolgt mittels verdünnter Chlorkalklösung in gemauerten oder mit Blei ausgelegten Basins. Erst im folgenden Säurebade entwickelt sich das Chlor und bleicht die Gewebe. Die Bleichbottiche müssen geschlossen und mit einem entsprechend funktionierenden Dunstabzuge versehen sein. Ein gewisser Chlorgehalt der Atmosphäre der Bleichlokalitäten ist dessenungeachtet kaum zu vermeiden und muß dieser Gehalt daher durch entsprechende Raumventilation unter das schädliche Maß (vergl. Chlor auf Seite 113) herabgedrückt werden.

Auch bei der Schwefelbleiche (Bleichen von Wolle und Seide mittels gasförmiger schwefliger Säure), welche entweder durch Anzünden von Schwefelstangen oder durch Reduktion von Schwefelsäure durch Kupfer in Kammern vor sich geht, müssen die Arbeitsräume geräumig, kräftig ventiliert sein und die Apparate und Bleichkammern mit einem Saugkamin oder Exhaustor in Verbindung stehen (Netolitzky).

V. Holzbearbeitung.

(Pneumatische Spänetransportanlagen.)

Die Einrichtung von Spänetransportanlagen, welche zugleich als Entstaubungsanlagen dienen, bietet, wie ja leicht zu erschließen, große Vorteile vom technischen (Spänetransport) und gesundheitlichen (Entstaubung) Standpunkte. In der Holzindustrie ist eine derartige Installation für größere Betriebe nahezu unerläßlich, und zwar[1]) für: Möbel-, Fournier-, Türen-, Fenster-, Parkettfabriken, Bautischlereien, Klavier-, Billard-, Leisten-, Rahmen-, Waggon-, Holzwolle-, Faßfabriken und Sägewerke.

„Die einmaligen Kosten der Anschaffung dürften gar nicht in Betracht kommen, denn sie machen sich schon in kürzester Zeit durch Ersparnis an Lohn, Wegfall von Reparaturen an Arbeitsmaschinen etc. bezahlt.

Die ganz bedeutenden Vorteile der mit einer rationell ausgeführten Spänetransport- und Entstaubungsanlage versehenen Fabriken sind vom technischen Standpunkte und vom Gesichtspunkte einer ökonomischen Gebarung folgende:

1. Lohnersparnis durch das in Wegfall kommende Forträumen der Holzabfälle.

2. Sämtliche Arbeitsräume sind stets rein und staubfrei, da direkt von der Maschine die Späne und der Staub abgesaugt werden.

3. Gründlicheres Reinigen der Maschinen.

4. Beseitigung der großen Feuersgefahr, welche aus der Anhäufung von feinen Sägespänen erwächst, die teilweise unter die arbeitenden Teile der Maschinen fallen, mit Öl getränkt werden, und in diesem Zustande leicht entzündbar sind.

5. Größere Dauerhaftigkeit der Maschinenriemen.

6. Größere Ausnutzung des Arbeitsraumes, da Spänehaufen nicht mehr im Wege liegen.

„Die Entfernung der Säge- und Hobelspäne von den Holzbearbeitungsmaschinen ist eine der wichtigsten Vorbedingungen für den ökonomischen Betrieb einer Fabrik.

Gewöhnlich bringt man die Holzabfälle mit der Hand in Körben oder Säcken nach einer Grube oder in das Kesselhaus.

Diese Arbeitslöhne summieren sich im Laufe des Jahres ganz bedeutend in Fabriken, welche mit mehreren Maschinen arbeiten.

---

[1]) Aus „Technische Neuheiten Nr. I" (Otto Popper, Wien).

Es ist daher einleuchtend, daß eine automatische Anlage, welche alle Säge- und Hobelspäne entfernt und sammelt, jedem Holzindustriellen auf das wärmste empfohlen werden kann. Das Arbeitsprinzip solcher Spänetransportanlagen besteht darin, daß ein der Größe der Betriebsstätte entsprechend angepaßter Hochdruckventilator die Späne von den Maschinen durch eine Rohrleitung oder einen Kanal absaugt und diese direkt durch ein Rohr in den Spänesammler oder in die Spänekammer bläst.

Der Spänesammler zerteilt nun den Luftstrom, die Späne fallen durch ihr eigenes Gewicht in den unterhalb des Sammlers befindlichen Lager- eventuell Feuerraum, während die vom Staub befreite Luft nach oben entweicht.

Die Spänesammler können an einer beliebigen Stelle aufgestellt werden, in der Regel werden dieselben im Kesselhause situiert, um die hier gesammelten Späne der Kesselfeuerung leicht zugänglich zu machen" (Popper, techn. Neuheiten).

Ganz besonders sei nochmals als sehr wesentlich hervorgehoben, daß, wie bei allen Staub- und Späneexhaustionsanlagen die Rohrleitungen des Systemes stets unter Bildung möglichst stumpfer Winkel ineinander münden sollen und daß alle winkligen Abknickungen der Leitung möglichst zu meiden sind.

Die Leitungen werden am besten aus Blechrohren oder glasierten Tonrohren hergestellt. Weniger empfehlen sich viereckige Querschnitte überhaupt und Kanäle mit Bretter- oder gemauerten Wänden wegen des großen Widerstandes insbesondere.

Zum Punkte 4 der obigen Ausführungen bezüglich der Herabminderung der Feuersgefahr durch Installierung von pneumatischem Spänetransporte erwähnen wir noch, daß (nach Albrecht) dieser Faktor bei der Konzessionierung solcher Betriebe seitens der Berliner Baupolizei wesentlich in Betracht gezogen wird und daß auch die Brandschadenversicherungsgesellschaften geneigt sind, denselben bei Bemessung der Risikos ins Gewicht fallen zu lassen, so daß unter Umständen sich eine derartige Anlage schon allein hierdurch bezahlt macht.

Als musterhaftes Beispiel einer gewaltigen derartigen Anlage für Spänetransport sei die Waggonfabrik Ringhoffers in Prag-Smichow angeführt, welche ich durch die liebenswürdige Erlaubnis der Firma genauer zu studieren Gelegenheit hatte.

Die beiden Exhaustoren der Anlage verbrauchen zirka 25 Pferdekräfte bei 1000 Umdrehungen pro Minute und 1 *m* Flügelraddurchmesser. Die blechernen Leitungsrohre beginnen mittels Sammeltrichtern bei den Arbeitsmaschinen; die Quer-

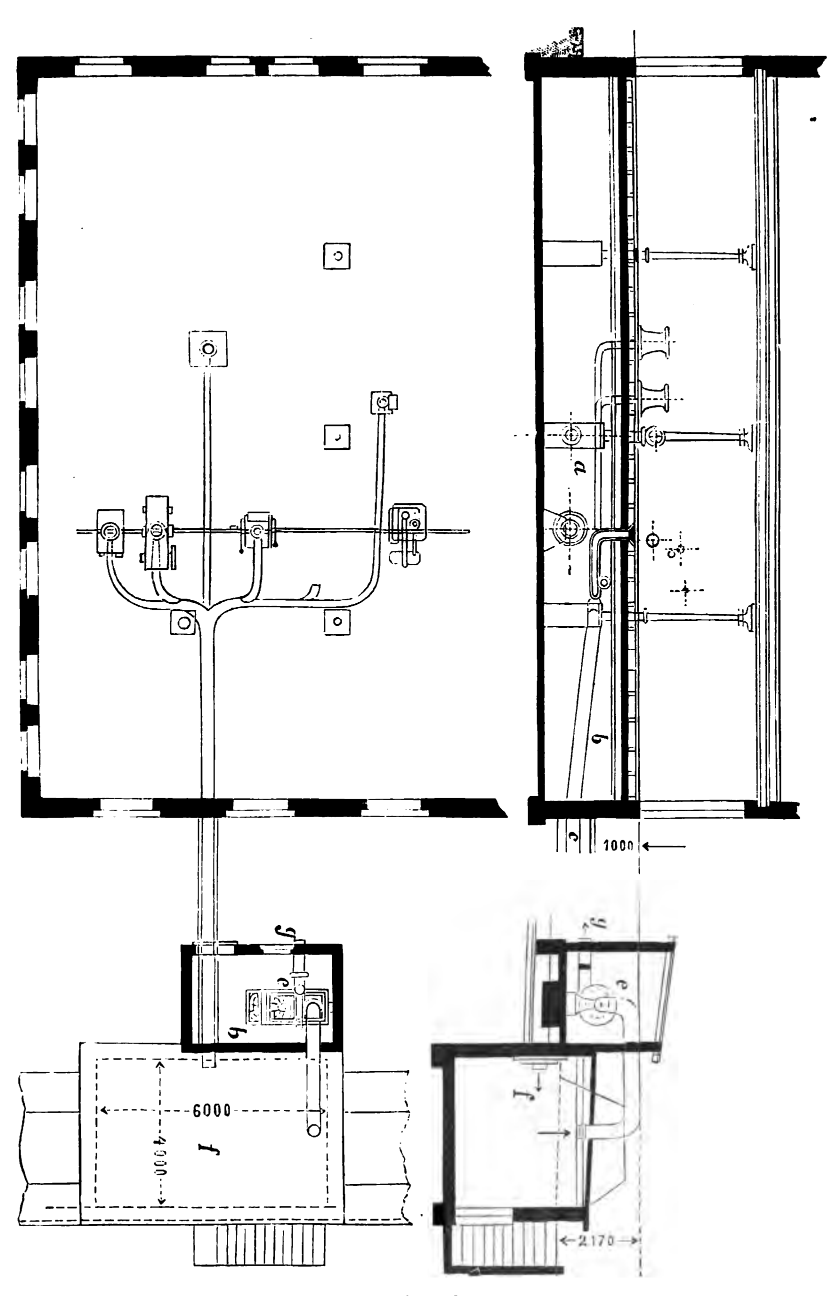


Fig. 48.
Absaugevorrichtung für Staub und Späne von Gebr. Körting in Körtingdorf bei Hannover (aus Albrechts Gewerbehygiene). Grundriß und Längsschnitt.

schnitte schwanken je nach der Qualität der Arbeitsmaschine zwischen 100—300 *mm* Weite. Der Exhaustor treibt dann durch ein Rohr von $^1/_2$ *m* Weite die Späne zu der knapp vor der Feuerung befindlichen Sammelstelle, von wo aus die Späne direkt ins Feuer gestoßen, respektive geblasen werden. Der Feuerung werden so pro Stunde bis über 20 m^3 Späne zugeführt.

Ähnliche, außerordentlich praktische und rentable Anlagen, welche zugleich den Betrieb zu einem gesunden machen, sah ich in mehreren Zellulosefabriken (Späne und Staubentwicklung bei den Vorarbeiten, Holzzerkleinerung), ferner in musterhafter Weise durchgeführt in den Werkstätten des technologischen Gewerbemuseums in Wien. Eine weitere, schön durchgeführte Anlage für Spänetransport, welche wir in Fig. 48 wiedergeben, beschreibt Albrecht (Handb. der prakt. Gewerbehygiene). Dieselbe ist von Körting in Körtingsdorf bei Hannover hergestellt.

Zur Erklärung der Fig. 48 diene: „*a* bezeichnet die Saugrohre, die unter jeder Arbeitsmaschine münden und unter dem Fußboden fortgeführt, sich in das Saugrohr *b* vereinen, welches in einem unter Terrain liegenden Kanal *c* zum Kesselraum geführt wird und bei *f* in die Spänekammer eintritt;" *h* bezeichnet den Elektromotor für das antreibende Radgebläse *e*; bei *f* vergrößert sich der Querschnitt; hier ist die Luftgeschwindigkeit gering, die Späne etc. sinken zu Boden; die gereinigte Luft tritt bei *g* durch ein vertikal in die Decke der Staubkammer eingelegtes Rohr nach außen.

Unser Ziel ist erreicht. Wenn ich mit meinen Darlegungen ein Scherflein dazu beigetragen habe, um neue, erfolgreiche Arbeit zu fördern und zu erleichtern, dann haben meine Zeilen ihren Erfolg nicht verfehlt.

Alphabetisches Register.

(Die Namen der Autoren und Firmen sind gesperrt gedruckt.)

A.

B.

C.

D.

E.

F.

I. J.

K.

L.

M.

N.

O.

P.

T.

U.

V.

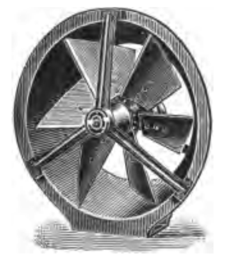
W.

X.

Z.

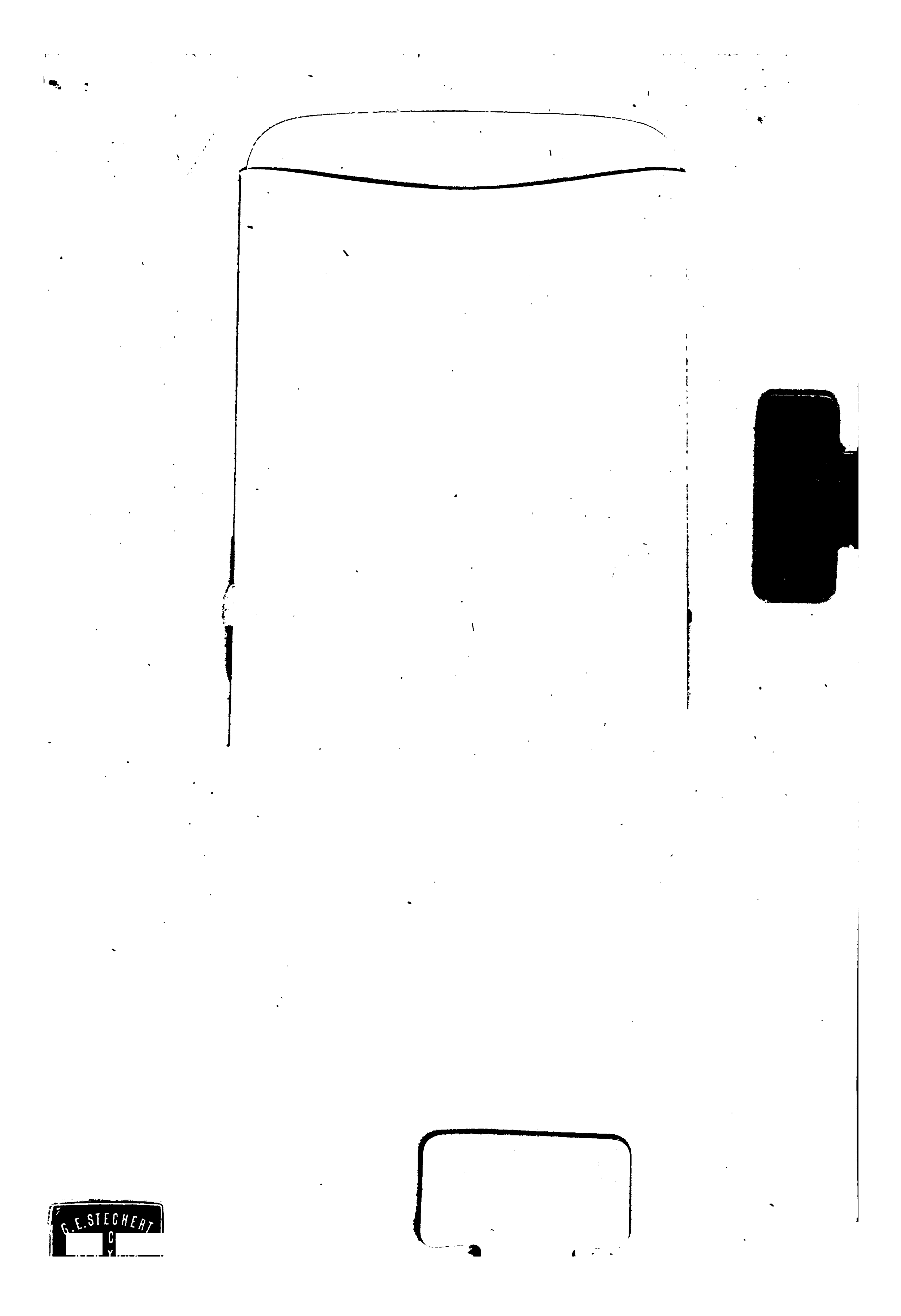


Befeuchte die Luft!
Dampfzerstäuber - Gesellschaft
Bruno Griep
Hamburg 15, Hammerbrookstr. 37



öhne in Frankfurt a. M.


89088905187
b89088905187a


G.E.STECHERT

